COLOMBIA 50% MAR

invemar

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

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD POR ASCENSO EN EL NIVEL DEL MAR (ANM) Y PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE ADAPTACIÓN EN LAS ISLAS DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

Convenio Interadministrativo 003- 13: CORALINA – INVEMAR

SAI-VA-ITF 1

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD POR ASCENSO EN EL NIVEL DEL MAR (ANM) Y PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE ADAPTACIÓN EN LAS ISLAS DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras
"José Benito Vives De Andréis" - INVEMAR
Vinculado al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

PARTICIPANTES

CUERPO DIRECTIVO INVEMAR

FRANCISCO A. ARIAS ISAZA
Director General

JESUS ANTONIO GARAY TINOCO
Subdirector Coordinación de Investigaciones – SCI

SANDRA RINCON CABAL
Subdirectora de Recursos y Apoyo a la Investigación – SRA

DAVID ALONSO CARVAJAL
Coordinador Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos - BEM

MARIO ENRIQUE RUEDA HERNANDEZ
Coordinador Programa Valoración y Aprovechamiento de Recursos - VAR

LUISA FERNANDA ESPINOSA DÍAZ
Coordinadora Programa Calidad Ambiental Marina - CAM

PAULA CRISTINA SIERRA CORREA
Coordinadora Programa de Investigación para la Gestión Marina y Costera - GEZ

CONSTANZA RICAURTE
Coordinadora Programa de Geociencias Marina y Costera – GEO

JESUS ANTONIO GARAY TINOCO
Coordinador Servicios Científicos – CSC (E)

EQUIPO DE TRABAJO

Milena Hernández Ortiz
Ingeniera forestal

Janwar Moreno
Economista

Liane Gamboa
Geóloga

Mauricio Bejarano
Geógrafo

Diana carolina Romero
Ingeniera topográfica

Julio Nadim Zawady
Abogado

Carolina García Valencia
Jefe línea análisis integrado de La información –LAI-

Paula Cristina Sierra Correa
Coordinadora Programa de Investigación para la Gestión Marina y Costera – GEZ

CUERPO DIRECTIVO CORALINA

DURCEY STEPHENS LEVER
Director General

OPAL MARCELA BENT ZAPATA
Subdirectora Gestión Ambiental

ERICK CASTRO
Subdirector de Mares y Costas

PACHECO GORDO
Secretario General

ROBERTO HUDGSON REEVES
Subdirector de Planeación y Desarrollo Institucional

DURCEY STEPHENS LEVER (E)
Subdirector Jurídico

ASILVINA POMARE
Coordinador Control y Vigilancia

CLAUDIA MARCELA DELGADO
Coordinadora Educación Ambiental

GIOVANNA PEÑALOZA
Coordinadora Grupo Providencia

NACOR BOLAÑOS
Coordinador Áreas Protegidas

Cítese como: INVEMAR, 2014. Evaluación de la vulnerabilidad por ascenso en el nivel del mar (ANM) y propuesta de lineamientos de adaptación en las islas de San Andrés Providencia y Santa Catalina. Código: SAI-VA-003. Informe técnico final. Convenio Interadministrativo de asociación No. 003 de 2013 INVEMAR-CORALINA. Santa Marta. 359 p.

"Se asume mundialmente que habrá un aumento del nivel de mar d un metro. Lo que se simplemente no se sabe a ciencia cierta, es la rapidez con la que se dará este aumento"
(Steve Nerem, Universidad de Colorado)

INVEMAR

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

CONTENIDO

1. RESUMEN DE PRODUCTOS POR ACTIVIDADES 21

2. DOCUMENTO TÉCNICO 22

2.1. INTRODUCCIÓN 22

2.1.1. OBJETIVO GENERAL 25

2.1.2. Específicos 26

2.2. MARCO TEÓRICO 26

2.2.1. Conceptos 26

2.2.2. Enfoque del análisis socioeconómico 32

2.2.2.1. El enfoque del sistema social y económico para el análisis de la vulnerabilidad 32

2.2.2.2. Pobreza y vulnerabilidad social frente cambio climático 33

2.3. PROCESO METODOLÓGICO 33

2.3.1. Delimitación de área de estudio 34

2.3.2. Identificación de Amenazas 36

2.3.3. Diagnóstico por componentes 37

2.3.3.1. Diagnóstico del estado actual del componente físico 37

2.3.3.2. Diagnóstico del estado actual del componente biótico 37

2.3.3.3. Diagnóstico del estado actual del componente socioeconómico 38

2.3.4. Diseño de escenarios 38

2.3.4.1. Escenario Actual (área de riesgo actual) 39

2.3.4.2. Escenario futuro 43

2.3.5. Evaluación de la vulnerabilidad (actual y futura) 53

2.3.5.1. Vulnerabilidad del componente físico 53

2.3.5.2. Vulnerabilidad biótica 54

2.3.5.3. Vulnerabilidad socioeconómica e impactos 55

2.3.6. Perfil de vulnerabilidad para San Andrés, Providencia y Santa Catalina 60

2.3.7. Componente espacial SIG 60

2.3.7.1. Parámetros cartográficos. 61

2.3.8. Limitaciones de la metodología y formas de interpretación de resultados 64

2.3.9. Inventario y caracterización de actores, planes, políticas y proyectos: Propuesta de lineamientos 65

2.4. AMENAZAS ASOCIADAS A CAMBIO CLIMÁTICO POR ANM EN EL ARCHIPIÉLAGO 66

2.4.1. Antecedentes de Emergencias y Desastres en el Departamento 67

2.4.2. Inundaciones 79

2.4.3. Sismos 87
2.4.4. Tsunamis 89
2.4.5. Erosión 90
2.4.5.1. Procesos Erosivos en la Isla de San Andrés 90
2.4.5.2. Procesos Erosivos en la Isla de Providencia 130
2.4.6. Calidad Del Recurso Hídrico 139
2.4.6.1. Aguas subterráneas y superficiales 139
2.4.6.2. Calidad ambiental de los acuíferos 142
2.4.6.3. Calidad de las aguas marinas y costeras 142
2.4.7. Residuos Sólidos y Líquidos 144
2.4.7.1. Residuos sólidos (basura, chatarra, material de demolición). 144
2.4.7.2. Residuos líquidos (aguas residuales) 145
2.4.7.3. Residuos líquidos (vertimientos marinos) 146
2.5. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ACTUAL 147
2.5.1. Diagnóstico del estado actual del componente físico 147
2.5.1.1. Clima 147
2.5.1.2. Oceanografía 152
2.5.1.3. Geomorfología Costera de la Isla de San Andrés 168
2.5.1.4. Geomorfología Costera De Providencia y Santa Catalina 187
2.5.2. Diagnóstico del estado actual del componente biótico 189
2.5.2.1. Manglares 192
2.5.2.2. Playas 195
2.5.2.3. Humedales 196
2.5.2.4. Litoral rocoso 197
2.5.2.5. Bosque seco 198
2.5.3. Diagnóstico del estado actual del componente socioeconómico 199
2.5.3.1. Características socio-demográficas 199
2.5.3.2. Condiciones de vida 202
2.5.3.3. Características económicas 207
2.5.3.4. Usos del suelo 216
2.5.3.5. Sensibilidad social 218
2.5.3.6. Sensibilidad económica 221
2.5.3.7. Sensibilidad social y económica 224
2.5.3.8. Exposición 225
2.5.4. Análisis de impactos 226

2.5.4.1. Impactos al sistema Físico 226
2.5.4.2. Impactos al sistema Biótico 241
2.5.4.3. Impactos actuales al sistema Socioeconómico 250
2.6. EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD A FUTURO (ESCENARIO) 265
2.6.1. Impactos al sistema Físico 265
2.6.1.1. Impactos de la erosión costera y retroceso de playas 265
2.6.1.2. Impactos asociados a la salinización de acuíferos 271
2.6.1. Impactos al componente biótico 274
2.6.1.1. Potencial de retroceso de los ecosistemas de manglar en el futuro 277
2.6.2. Impactos al componente socioeconómico 278
2.6.2.1. Condiciones socioeconómicas en el futuro 278
2.6.2.2. Impactos futuros 289
2.7. PERFIL DE VULNERABILIDAD PARA EL ARCHIPIÉLAGO 295
2.7.1.1. Componente físico 296
2.7.1.2. Componente biótico 299
2.7.1.3. Componente socioeconómico 299
2.8. PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL ARCHIPIÉLAGO 302
2.8.1. Objetivo y enfoque de adaptación 303
2.8.2. Mapeo institucional 304
2.8.2.1. Actores institucionales según su función y ámbito territorial 304
2.8.2.2. Actores institucionales según su importancia 306
2.8.2.3. Actores sociales 307
2.8.3. Planes, políticas y proyectos. 308
2.8.3.1. Plan de Ordenamiento Territorial de San Andrés isla 309
2.8.3.2. Esquema de ordenamiento territorial de Providencia y Santa Catalina 313
2.8.3.3. Proyectos 314
2.8.4. Lineamientos de adaptación al ANM 316
2.8.4.1. Líneas estratégicas 316
2.8.4.2. Línea estratégica 1: Protección de los ecosistemas y las zonas naturales de amortiguamiento. 317
2.8.4.3. Línea estratégica 2: Mejoramiento de la resiliencia de la isla frente al ANM 318
2.8.4.4. Línea estratégica 3: Planificación territorial acorde con el cambio climático 319
2.8.4.5. Línea estratégica 4: Capacitación, educación y concientización 320
2.8.4.6. Línea estratégica 5: Aportes de la investigación básica para el conocimiento de la vulnerabilidad por anm 321

2.9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 321

ANEXO 1. 330

ANEXO 2. 331

ANEXO 3 332

Instituciones del Ámbito Nacional 332

Instituciones del Ámbito Departamental: 343

Instituciones del Ámbito Municipal: 345

3. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA 349

4. REGISTRO DE TALLERES 350

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Impactos asociados al ascenso en el nivel del mar. 54

Tabla 2. Calificación de la exposición por inundación. 56

Tabla 3. Sensibilidad social y económica resultado de la integración de la sensibilidad social y económica. 59

Tabla 4. Vulnerabilidad como resultado de la interacción entre las sensibilidades del sistema y la exposición. 59

Tabla 5. Amenazas, causas y efectos presentes en la región Caribe. 66

Tabla 6. Ciclones tropicales que han afectado al departamento 1857- 2011. 71

Tabla 7. Antecedentes históricos de amenazas evidenciadas en el departamento diferentes a ciclones tropicales. 75

Tabla 8. Sismos históricos sentido o registrados en San Andrés, en un área de 200 km alrededor de la isla (tomado de USGS, 2009 en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a). 88

Tabla 9. Clasificación tipo de fenómeno y longitud para San Andrés isla. 91

Tabla 10. Levantamiento de tramos con erosión costa occidental (tomado de CORALINA, 2010). 95

Tabla 11. Cuencas que descargan a las playas de Sprat Bright (tomado de FONADE y Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a). 101

Tabla 12. Clasificación tipo de erosión y longitud para Providencia y Santa Catalina islas. 130

Tabla 13. Ubicación, máxima y mínima, extensión alcanzada, crecimiento y tendencia ponderada (flecha hacia arriba: crecimiento, flecha hacia abajo: erosión, dos flechas: comportamiento irregular) de cada playa monitoreada según protocolo COLSAC (tomado de CORALINA, 2012). 133

Tabla 14. Valores promedio de corrientes medidas en la costa occidental de San Andrés, cerca al antiguo basurero (CIOH, 2002 en Posada y Guzmán, 2007). 155

Tabla 15. Dinámica estacional de San Andrés (tomado FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a). 161

Tabla 16. Características del oleaje en los sitios de interés. (tomado FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a). 162

Tabla 17. Playas (IGAC, 1998). 169

Tabla 18. Borde costero arrecifal (IGAC, 1998). 176

Tabla 19. Depósitos de tormenta (IGAC, 1998). 179

Tabla 20. Depósitos de manglar (IGAC, 1998). 180

Tabla 21. Plataforma arrecifal periférica emergida (IGAC, 1998). 182

Tabla 22. Morfología de colinas (IGAC, 1998). 184

Tabla 23. Listado de ecosistemas presentes en el área de estudio y su extensión. 190

Tabla 24. Coberturas presentes en el área de estudio. 190

Tabla 25. Composición de especies en lo ecosistemas de manglar en el Archipiélago. 192

Tabla 26. Principales características de la vegetación de los manglares de San Andrés. 193

Tabla 27. Composición de especies en lo ecosistemas de manglar en Providencia y Santa Catalina. 194

Tabla 28. Principales características de la vegetación de los manglares de San Andrés. 194

Tabla 29.Tamaño y distribución de la población de San Andrés y Providencia 2005 y 2013 (proyecciones del DANE, 2009). 199

Tabla 30. Cobertura de alcantarillado y acueducto, y porcentaje de vivienda tipo cuarto u otro. Fuente: cálculos basados en DANE (2005). 203

Tabla 31. Densidad de vivienda. Cálculos basados en DANE (2005). 204

Tabla 32. Tasa de desescolarización (5 a 17 años) y años de educación promedio del jefe de hogar. Fuente: Cálculos basados en la información del censo DANE (2005). 205

Tabla 33. Inversiones del Plan Departamental Para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento San Andrés (*millones de pesos) 2010. 206

Tabla 34. Enfermedades Transmisibles y Zoonosis del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Años 2010-2011. 206

Tabla 35. Porcentaje del PIB por grandes ramas de actividad 2011. 207

Tabla 36. Ramas de actividad específicas con mayor importancia 2011. 208

Tabla 37. Número y porcentaje de pescadores registrados por arte de pesca en el PNN OPMBL 2006 (Fuente: PNN OPMBL, 2006). 213

Tabla 38. Área (ha) cultivadas en la isla de San Andrés. 214

Tabla 39. Porcentaje de territorio según uso del suelo para San Andrés, Providencia y total de la zona de estudio. 216

Tabla 40. Promedio de las variables componentes de la sensibilidad social por grado de sensibilidad en San Andrés y, Providencia y Santa Catalina. 220

Tabla 41. Área total de la isla de San Andrés (SA), Providencia y Santa Catalina (PSC) y departamental (en hectáreas), según calificación de exposición. 226

Tabla 42. Impactos sectoriales generados por erosión costera en la isla de San Andrés. 227

Tabla 43. Impactos sectoriales por erosión costera en las islas de Providencia y Santa Catalina. 229

Tabla 44. Porcentaje de cobertura de la tierra expuesta a diferentes grado de erosión costera en la isla de San Andrés. 231

Tabla 45. Porcentaje de cobertura de la tierra expuesta a diferentes grado de erosión costera en las islas de Providencia y Santa Catalina. 232

Tabla 46. Porcentaje afectación de geomorfología expuesta a diferentes grado de erosión costera en la isla de San Andrés. 233

Tabla 47. Porcentaje afectación de geomorfología expuesta a diferentes grado de erosión costera en las islas de Providencia y Santa Catalina..... 234

Tabla 48. Descripción sectorial de los impactos generados en las zonas con procesos de inundación en la isla de San Andrés. 238

Tabla 49. Descripción sectorial de los impactos generados en las zonas con procesos de inundación en la isla de Providencia. 240

Tabla 50. Porcentaje de erosión por coberturas en el Archipiélago..... 242

Tabla 51. Análisis de impactos sobre ecosistemas. 244

Tabla 52. Escenario de inundación actual para las coberturas de San Andrés. 246

Tabla 53. Área total (AT), Área afectada (AF) y porcentaje de área afectada (%AF) por inundación actual en San Andrés, Providencia y Santa Catalina, y total, según usos del suelo. 251

Tabla 54. Viviendas, personas y hogares, por totales (Total), afectadas (AF) y porcentaje de elementos afectados (%AF) por inundación en la isla de San Andrés (SA) y Providencia y Santa Catalina (PSC). 253

Tabla 55. Déficit de vivienda por inundación y otras acciones, en San Andrés (SA) y en Providencia y Santa Catalina (PSC) 2005. 253

Tabla 56. Producto Interno Bruto (PIB), PIB afectado y porcentaje del PIB afectado del departamento de San Andrés y Providencia. 254

Tabla 57. Longitud (en metros) de usos del suelo según nivel de erosión en la isla de San Andrés. 257

Tabla 58. Longitud (en metros) de usos del suelo según nivel de erosión en Providencia y Santa Catalina. 258

Tabla 59. Amenazas, causas y efectos de la inundación y la erosión en del departamento de San Andrés. 260

Tabla 60. Áreas (hectáreas) con vulnerabilidad socioeconómica según nivel de sensibilidad socioeconómica y exposición de la isla de San Andrés. 263

Tabla 61. Áreas (hectáreas) con vulnerabilidad socioeconómica según nivel de sensibilidad y exposición en Providencia y Santa Catalina. 263

Tabla 62. Descripción de los impactos generados en las zonas con procesos de erosión costera en la Isla de San Andrés para el escenario futuro. 266

Tabla 63. Descripción de los impactos generados en las zonas con procesos de erosión costera en las Islas de Providencia y Santa Catalina para el escenario futuro. 268

Tabla 64. Clasificación tipo de erosión y longitud para San Andrés isla, escenario futuro. 269

Tabla 65. Clasificación tipo de erosión y longitud para Providencia y Santa Catalina islas. 269

Tabla 66. Escenarios de aumento del nivel de mar (tomado de CORALINA y Universidad Nacional, 2010). 273

Tabla 67. Áreas de inundación en el escenario futuro. 274

Tabla 68. Análisis por sector de impactos al manglar ene l escenario futuro para el Archipiélago. 277

Tabla 69. Nivel de amenaza a los ecosistemas de manglar..... 278

Tabla 70. Componentes y características de los escenarios propuestos. 280

Tabla 71. Población y viviendas en el año 2040 según escenarios..... 281

Tabla 72. Indicadores de la sensibilidad social en los escenarios 2040 282

Tabla 73. Área total de la isla de San Andrés (SA), Providencia y Santa Catalina (PSC) y departamental (en hectáreas), según calificación de exposición. 289

Tabla 74. Área total (AT), Área afectada (AF) y porcentaje de área afectada (%AF) por inundación futura en San Andrés, Providencia y Santa Catalina, y total, según usos del suelo 290

Tabla 75. Viviendas afectadas (AF) y porcentaje de elementos afectados (%AF) por inundación en la isla de San Andrés (SA) y Providencia y Santa Catalina en el escenario optimista (E1) y pesimista (E2) 291

Tabla 76. Perfil de vulnerabilidad en San Andrés y Providencia y Santa Catalina. 296

Tabla 77 .Recomendaciones para los lineamiento de adaptación. 300

Tabla 78. Etapas para la definición de acciones de adaptación para el Archipiélago..... 302

Tabla 79. Tipos de actores en el Archipiélago. 307

Tabla 80. Instrumentos legales, políticas y planes que determinan las directrices de sostenibilidad ambiental..... 309

Tabla 81. Programas de la línea de protección de los ecosistemas y las zonas naturales de amortiguamiento. 317

Tabla 82. Programas de la línea de mejoramiento de la resiliencia de la comunidad frente al ANM. 318

Tabla 83. Programas de la línea de planificación territorial acorde con el cambio climático..... 319

Tabla 84. Grupos Internos de Trabajo de la DIMAR..... 340

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Relación de la vulnerabilidad con sus componentes de análisis (Lough, 2007)..... 28

Figura 2. Diagrama del proceso metodológico seguido en el estudio. 34

Figura 3. Localización general del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (generado por LabSIS Invemar, 2014). 35

Figura 4. Límite del área de estudio en las islas del San Andrés, Providencia y Santa Catalina (generado por LabSIS Invemar, 2014)..... 36

Figura 5. Área de inundación para el escenario actual en la isla de San Andrés..... 41

Figura 6. Área de inundación para el escenario actual en las islas de Providencia y Santa Catalina. 42

Figura 7. Procesamiento del modelo de inundación para San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 45

Figura 8. Área de inundación por ascenso del nivel del mar para el escenario futuro al año 2014 en la isla de San Andrés. 46

Figura 9. Área de inundación por ascenso del nivel del mar para el escenario futuro a 2040 en las islas de Providencia y Santa Catalina. 47

Figura 10. Área de inundación total para el escenario futuro al año 2014 en la isla de San Andrés. 48

Figura 11. Área de inundación total para el escenario futuro en las islas de Providencia y Santa Catalina. 49

Figura 12. Componentes de los escenarios socioeconómicos para el año 2040. 50

Figura 13. Variables de la sensibilidad social (peso representativo). 57

Figura 14. Marco lógico para el procesamiento de imágenes y de cartografía. 61

Figura 15. Puntos de recorrido para reconocimiento y verificación en campo en San Andrés. ... 63

Figura 16. Puntos de recorrido de reconocimiento en campo en Providencia y Santa Catalina. . 64

Figura 17. Frecuencia histórica de eventos en el Departamento Archipiélago (1981-2011) (tomado de Desinventar, 2011). 68

Figura 18. Proporción de eventos más frecuentes en el departamento archipiélago en el periodo de 1980 a 2011(parcial) (Fuente: Desinventar, 2011). 68

Figura 19. Personas y viviendas afectadas en el Departamento entre 1980 y 2011 (Desinventar, 2011). 69

Figura 20. Trayectoria de los temporales en los últimos 50 años en aguas Colombianas (tomado de Ortiz, 2008 en FONADE- Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a). 70

Figura 21. Trayectoria de algunos temporales en los últimos 50 años en la zona de San Andrés (tomado de Ortiz, 2008 en FONADE- Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a). 70

Figura 22. Comparación altura de la ola significante Hs-DIA-Año 2005. 80

Figura 23. Campo medio del viento en superficie para los meses de febrero y agosto. Con base en los datos de Reanalysis NCEP/NCAR, para el periodo 1968 – 1996 (CIOH, 2014). 81

Figura 24. Zonas inundadas sector norte y suroriental en San Andrés para 2010 (A y B) y sector norte para 2011 (CORALINA ,2011). 83

Figura 25. Cuencas, sectores de inundación y estaciones de bombeo en la zona norte de San Andrés (adaptado del Plan Maestro de Alcantarillado Pluvial de San Andrés - Consorcio Plan Vial Caribe, 2000 en FONADE, 2010). 84

Figura 26. Imágenes de inundación en distintos sectores del área urbana de ña isla de San Andrés (archivo personal Liane Gamboa). 85

Figura 27. Zonas de inundación en las islas de Providencia y Santa Catalina, 2010 (CORALINA, 2011). 86

Figura 28. Imágenes de Aguamansa diciembre 2010 (CORALINA, 2010). 87

Figura 29. Registro de sismos a partir de 1973, (USGS en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a). 88

Figura 30. Mapa de nivel de riesgos por eventos símicos en la isla de San Andrés (tomado de INGEOMINAS, 1996 en SIG CORALINA). 89

Figura 31. Geomorfología y amenazas (erosión) para la isla de San Andrés. 92

Figura 32. Mapa Erosión costa occidental 2010 (tomado de CORALINA, 2010). 94

Figura 33. Imágenes de tres sectores en erosión de la costa occidental de la isla de San Andrés para 2009 y 2010 (CORALINA, 2010). 96

Figura 34. Intervención en la bancada vía circunvalar (archivo personal Liane Gamboa). 97

Figura 35. Imágenes de la costa occidental sector La Rocosa, en la isla de San Andrés (archivo personal Liane Gamboa) 98

Figura 36. Playas Sprat Bight en 1958 (Kielman, 1998 en FONADE y Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a). 98

Figura 37. Playa de Sprat Bight (tomado de Google Earth 2008). 99

Figura 38. Espolón del Tiuna (Archivo fotográfico CORALINA, 2009). 100

Figura 39. Espolón Jeno´s Pizza (archivo personal Liane Gamboa). 100

Figura 40. Cuencas y descargas hacia la playa de Sprat Bright en la zona norte de la isla. (Adaptado del Plan Maestro de Alcantarillado Pluvial de San Andrés - Consorcio Plan Vial Caribe, 2000 en FONADE y Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a). 101

Figura 41. Evolución de la línea de costa (tomado de FONADE y Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a). 103

Figura 42. Evolución de todas las líneas de costa entre 2004 y 2008 (tomado de FONADE y Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a). 104

Figura 43. Acumulación de sedimento a barlovento y erosión a sotavento del espolón Tiuna. 104

Figura 44. Localización de estaciones de monitoreo de playas (Orozco 2005, en CORALINA, 2012). 105

Figura 45. Cambios ocurridos en el litoral durante los años 1944, 1956, 1984,1990, 1996 y 1997 (tomado de CORALINA, 2006). 107

Figura 46. Evolución histórica de la playa Sprath Bight 1944-1996 (CORALINA, 2006). 107

Figura 47. Longitud promedio estaciones en Johnny Cay, Haines Cay, Rose Cay y norte..... 108

Figura 48. Inclinación promedio de las estaciones Johnny Cay, haynes Cay, Rose Cay y sector Norte. 109

Figura 49. Promedios de longitud de playa zona 1, desde 2006 hasta 2011. 110

Figura 50. Promedios de longitud de playa zona 2, desde 2006 hasta 2011. 111

Figura 51. Relleno de Playa Sound Bay 1994 (tomado de en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a). 113

Figura 52. Espolones Hotel Decameron (tomado de en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a). 114

Figura 53. Muros en bolsacreto localizados en Sur este (archivo personal Liane Gamboa). 115

Figura 54. Cambios de la línea de costa entre 1944 y 1996 (INGEOMINAS, 1996 en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a). 116

Figura 55. Evolución de la línea de costa en el sector de Elcy Bar y K17 (1990 y 2008). 117

Figura 56. Evolución de la línea de costa en el sector del K8 y Smith Channel (1990 y 2008). 117

Figura 57. Evolución de la línea de costa en el sector del Hotel Decameron- San Luis y Sound Bay (1990 y 2008). 118

Figura 58. Evolución histórica de la costa entre San Luis y Tom Hooker (tomado de en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a). 119

Figura 59. Evolución histórica 2005-2007- 2008 playa Decameron – San Luis (tomado de FONADE, 2010). 120

Figura 60. Longitud promedio de las estaciones del sector sur-oriental de la isla (tomado de CORALINA, 2006). 121

Figura 61. Inclinación promedio de las estaciones del sector sur-oriental de la isla (tomado de CORALINA, 2006). 122

Figura 62. Longitud promedio de los perfiles de la zona sur (2006 a 210). 123

Figura 63. Sector de South End (archivo personal Liane Gamboa). 124

Figura 64. Pequeñas playas Sector de South End (archivo personal Liane Gamboa). 124

Figura 65. Sector de Elsie Bar (archivo personal Liane Gamboa). 125

Figura 66. Sector de Rocky point (archivo personal Liane Gamboa). 125

Figura 67. Sector de Tom Hooker (Ay LB), sector de Tom Hooker (C) y socavación lateral muros Tom Hoker (D.) y zona de Bengues (E y F) (archivo personal Liane Gamboa). 126

Figura 68. Sector Hotel Decamerón – San Luis (archivo personal Liane Gamboa). 127

Figura 69. Zona conocida como el paso o Kellas Bar. 128

Figura 70. Cementerio de San Luis (Archivo personal Liane Gamboa). 128

Figura 71. Sector de Sound Bay-San Luis (archivo personal Liane Gamboa). 129

Figura 72. Sector San Luis- Universidad Nacional (archivo personal Liane Gamboa). 129

Figura 73. Sector la Mansión (archivo personal Liane Gamboa). 130

Figura 74. Geomorfología y amenazas (erosión) para la isla de Providencia. 131
Figura 75. Estaciones de monitoreo CORALINA (tomado de CORALINA, 2011). 132
Figura 76. Registro monitoreo Fresh Water Bay (tomado de CORALINA, 2012). 134
Figura 77. Registro monitoreo Seagull Bay (tomado de CORALINA, 2012) 134
Figura 78. Registro monitoreo South West Bay (tomado de CORALINA, 2012). 135
Figura 79. Registro monitoreo Bottom House Bay (tomado de CORALINA, 2012). 136
Figura 80. Registro monitoreo Allan Bay (tomado de CORALINA, 2012). 137
Figura 81. Registro monitoreo Old Town (tomado de CORALINA, 2012). 137
Figura 82. Registro monitoreo Black Sand (tomado de CORALINA, 2012). 138
Figura 83. Registro monitoreo Black Sand (tomado de CORALINA, 2012). 138
Figura 84. Registro monitoreo Fort Bay (tomado de CORALINA, 2012). 139
Figura 85. Registro monitoreo Old John Bay (tomado de CORALINA, 2012). 139
Figura 86. Ciclo anual promedio de las precipitaciones en las tres estaciones de registro (tomado de CORALINA y Universidad Nacional 2010). 148
Figura 87. Ciclo anual promedio de las lluvias durante las fases extremas del ENOS (El Niño y La Niña), así como durante épocas normales (tomado de CORALINA y Universidad Nacional, 2010). 149
Figura 88. Ciclo anual promedio de la temperatura en superficie (tomado de CORALINA y Universidad Nacional, 2010). 149
Figura 89. Rosa de Vientos para el sector de la isla de San Andrés (IDEAM 2008, en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a). 150
Figura 90. Intensidad y dirección de los vientos para los años 2003 y 2004. (FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2009). 151
Figura 91. Velocidad y dirección del viento para los meses de febrero y junio. Datos de satélites ERS-1, ERS-2 y QUIKSCAT; resolución de 1.0°x1.0° para el periodo comprendido entre 1991 y 2006 (tomado CNRS, 2006 en Posada y Guzmán, 2007). 152
Figura 92. Registro característico de la amplitud diaria de la marea registrada en la estación del CIOH de Cartagena, la semana del 14 al 21 de noviembre de 2000 (tomado de Morales et al., 2001 en Posada y Henao, 2008). 153
Figura 93. Ciclo diurno de marea (tomado de CORALINA y Universidad Nacional, 2010). 154
Figura 94. Direcciones predominantes según Geister (1972) en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010 a. 156
Figura 95. Magnitud y dirección de corrientes inducidas por oleaje en el sector de Sparth Bight Dirección Este. Hs: 1.5 m Tp: 7 s (tomado de FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a). 157

Figura 96. Magnitud y dirección de corrientes inducidas por oleaje en el área de estudio. Dirección Sureste. Hs: 1,5 m Tp: 7 s (tomado de FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a)..... 158

Figura 97. Valor medio de la altura significativa de las olas en metros para junio y septiembre del periodo 1963-2002. Datos COADS (CNRS, 2006 en Posada y Guzmán, 2007)..... 159

Figura 98. Histogramas del periodo (Tp) de las olas para el punto "San Andrés" periodo pico de las olas (unidad: s); datos del modelo WaveWatch III. 160

Figura 99. Histograma de la dirección (Dp) de las olas para el punto "San Andrés"; escala ens (dirección pico de las olas (unidad: °); datos del modelo WaveWatch III..... 160

Figura 100. Diagrama polar de la altura de las olas expresada en metros en función de la dirección en grados para el punto "San Andrés"; datos del modelo WaveWatch III. 161

Figura 101. Magnitud y dirección de las corrientes inducidas por oleaje en el área de estudio. Dirección Este Hs: 1,5 m Tp: 7S (tomado de FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a)..... 163

Figura 102. Regímenes medios de oleaje para la isla de Providencia (INVEMAR et al., 2012, en Rangel-Buitrago, 2012). 164

Figura 103. Historia del nivel del mar – últimos 140.000 años (tomado de Vides et al., 2012).165

Figura 104. Nivel Medio Global del Mar-1880 a 2011. 166

Figura 105. Análisis comparativo de series Cartagena (Colombia) y Cristóbal (Panamá), de los datos históricos de las mediciones del nivel del mar..... 167

Figura 106. Análisis comparativo de series para San Andrés y nivel del mar Caribe. 168

Figura 107. Altura máxima del oleaje en la isla de San Andrés (tomado de CIOH, 2014). 168

Figura 108. Playas asociadas al borde arrecifal costero en la parte sur del área de estudio (tomado de Saenz, et al. 2009 en Lozano-Zafra et al., 2011)..... 170

Figura 109. Elsie Bar (tomado de Saenz et al. 2009 en Lozano-Zafra et al., 2011). 171

Figura 110. Playas entre Elsie Bar y Tom Hooker (tomado de Saenz, et al. 2009 en Lozano-Zafra et al., 2011)..... 172

Figura 111. Playas al norte de Tom Hooker y alrededores del Hotel Decameron (tomado de Saenz et al., 2009 en Lozano-Zafra et al., 2011)..... 173

Figura 112. Playas en el sector de Sound Bay (tomado de Saenz et al. 2009 en Lozano-Zafra et al., 2011)..... 174

Figura 113. Topografía de la zona de estudio con la localización de los perfiles topográficos representativos de cada tramo (profundidades en metros) (tomado de FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a)..... 176

Figura 114. Perfiles topográficos de la zona de estudio (tomado de FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a). 176

Figura 115. Terraza marina en el sector del Hospital (Punta Norte) (tomado de Posada y Guzmán, 2007). 177

Figura 116. Afloramientos del borde arrecifal costero (tomado de Saenz et al., 2009 en Lozano-Zafra et al., 2011). 178

Figura 117. Depósitos de tormenta (tomado de Saenz et al., 2009 en Lozano-Zafra et al., 2011). 180

Figura 118. Pantano de manglar en bahía Hooker (Tomado de Posada y Guzmán, 2007). 181

Figura 119. Franjas de pantanos de manglar detrás del cementerio de San Luis y Tom Hooker (tomado de Saenz et al. 2009 en Lozano-Zafra et al. 2011). 182

Figura 120. Plataforma arrecifal emergida (tomado de Posada y Guzmán, 2007). 184

Figura 121. "Beach rocks" en el sector de playa del Hotel Decameron (tomado de Posada y Guzmán, 2007). 186

Figura 122. Playas en la isla de Providencia, Machoneel Bay (Manzanillo) (tomado de Posada y Guzmán, 2007). 187

Figura 123. Playa en Fresh Water (tomado de Posada y Guzmán, 2007). 188

Figura 124. Pantano de manglar Old Town Bay (tomado de Posada y Guzmán, 2007). 189

Figura 125. Proporción de coberturas frente a ecosistemas estratégicos en el área de estudio. 192

Figura 126. Arriba: Litoral en la parte occidental de la isla de San Andrés. Abajo: Acantilado isla de Providencia (Cabeza de Morgan). 198

Figura 127. Pirámide poblacional de San Andrés y Providencia y Santa Catalina año 2005. Fuente: elaboración con información de DANE (2005). 200

Figura 128. Tasa de crecimiento poblacional San Andrés y Providencia (Aguilera, 2010). 202

Figura 129. PIB del departamento a precios constantes del 2005 SAI 2000 – 2012 (DANE (2009) pr: preliminar). 208

Figura 130. Número de turistas mensuales del departamento SAI 2011 – 2012 (fuente: DANE – Banco de la República, 2012). 209

Figura 131. PIB departamental a precios constantes del 2005 de la actividad Comercio y Hoteles, Restaurantes y Bares 2000 – 2012 (Fuente: DANE (2009). pr: preliminar). 210

Figura 132. Número de visitantes anuales del PNN Old Providence Mc Bean Lagoon 2001 – 2012 (PNN OPMBL, 2012). 211

Figura 133. Cuenta departamental SAI de pesca, producción de peces en criaderos y granjas piscícolas; actividades de servicios de actividades relacionados con la pesca 2000 – 2012 a precios constantes del 2005 (Fuente: DANE - Banco de la República, 2012). 212

Figura 134. Ganancia promedio obtenida por pescador durante una faena, dentro y fuera del parque de acuerdo al arte de pesca empleado 2006 (fuente: PNN OPMBL, 2006). 213

Figura 135. Porcentaje de área total sembrada en San Andrés (Corporación Colombia Internacional -CCI, 2012). 215

Figura 136. Número de productores por actividad pecuaria 2012 (Corporación Colombia Internacional -CCI, 2012). 216

Figura 137. Mapa de uso del suelo en área de estudio de la isla de San Andrés. 218

Figura 138. Mapa de uso del suelo en área de estudio de Providencia y Santa Catalina. 218

Figura 139. Sensibilidad social en término de área y de tamaño poblacional, San Andrés (SA) y Providencia y Santa Catalina (PSC). 219

Figura 140. Sensibilidad social de San Andrés Isla. 221

Figura 141. Sensibilidad social de Providencia y Santa Catalina. 221

Figura 142. Sensibilidad económica de San Andrés (SA), y Providencia y Santa Catalina (PSC) por porcentaje de hectáreas y por el Producto Interno Bruto (PIB). 222

Figura 143. Mapa de sensibilidad económica de la isla de San Andrés. 223

Figura 144. Mapa de sensibilidad económica Providencia y Santa Catalina. 224

Figura 145. Porcentaje de áreas por sensibilidad social y económica de la isla de San Andrés, y Providencia y Santa Catalina 225

Figura 146. Sector de Sprath Bight (izquierda) y sector de Cocoplum Bay (derecha). 228

Figura 147. Sector de Free Town (izquierda) y sector de Sound Bay (derecha). 228

Figura 148. Sector de Elcy Bar-Bowie Bay (izquierda) y sector de Fisher Rock (derecha). 229

Figura 149. Sector de Freshwater Bay (izquierda) y sector de Southwest Bay (derecha). 230

Figura 150. Sector Manchineel Bay (izquierda) y sector de Allan Bay (derecha). 230

Figura 151. Sector de Rocky Point (izquierda) y sector Bottom House Bay (derecha). 231

Figura 152. Sector North End (izquierda) y sector Fisher Rock (derecha). 239

Figura 153. Sector Punta Sur (izquierda) y sector pescadero (derecha). 239

Figura 154. Bottom House (izquierda) y Winston Bay (derecha). 240

Figura 155. Sector oriental Fresh Water Bay. 241

Figura 156. Coberturas afectadas por erosión costera en el Archipiélago. 243

Figura 157. Áreas de inundación para San Andrés y Providencia y Santa Catalina. 245

Figura 158. Areas de inundación actual sobre la cobertura de tierra para las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 250

Figura 159. Número de turistas mensuales llegados en el departamento de San Andrés y Providencia (2011-2013) 257

Figura 160. Porcentaje de usos afectados según nivel de erosión en la isla de San Andrés. ... 258

Figura 161. Porcentaje de usos afectados según nivel de erosión en Providencia y Santa Catalina. 259

Figura 162. Porcentaje de población según pérdidas ocasionadas por la ola invernal en el año 2010 y enero del 2011 (CORALINA, 2011). 261

Figura 163. Porcentaje de áreas según nivel de vulnerabilidad socioeconómica en la isla de San Andrés (SA), y Providencia y Santa Catalina (PSC). 262

Figura 164. Mapa de vulnerabilidad socioeconómica de la isla de San Andrés. 264

Figura 165. Mapa de vulnerabilidad socioeconómica de la isla de Providencia. 265

Figura 166. Impactos de la erosión costera en la isla de San Andrés en el escenario futuro. .. 270

Figura 167. Impactos de la erosión costera en las islas de Providencia y Santa Catalina en el escenario futuro. 270

Figura 168. Vista en perfil de distribución de cloruros en la vertical en un perfil esquemático N-S (Tomado de CORALINA - Facultad de Minas, Universidad Nacional. 2010). 271

Figura 169. Variación en el tiempo de simulación de los niveles piezométricos (msnm) en el pozo 10 (tomado de CORALINA y Universidad Nacional, 2010). 272

Figura 170. Niveles para un escenario de aumento del nivel del mar en los acuíferos de la isla de San Andrés (tomado de CORALINA y Universidad Nacional, 2010). 274

Figura 171. Comparación de las áreas afectadas por ANM en el escenario futuro para el Archipiélago. 276

Figura 172. Sensibilidad social en término de área y de tamaño poblacional, San Andrés (SA) y Providencia y Santa Catalina (PSC). 283

Figura 173. Sensibilidad social de San Andrés Isla en los escenarios 2040. 284

Figura 174. Sensibilidad social de Providencia y Santa Catalina en los escenarios 2040. 285

Figura 175. Sensibilidad económica de San Andrés (SA), y Providencia y Santa Catalina (PSC) por porcentaje de hectáreas y por el Producto Interno Bruto (PIB). 286

Figura 176. Mapa de sensibilidad económica de la isla de San Andrés. 287

Figura 177. Porcentaje de áreas por sensibilidad social y económica de la isla de San Andrés, y Providencia y Santa Catalina. 288

Figura 178. PIB proyectado y afectado (en miles de millones de pesos del 2005) para el año 2040. 292

Figura 179. Porcentaje de áreas según nivel de vulnerabilidad socioeconómica en la isla de San Andrés (SA), y Providencia y Santa Catalina (PSC), escenario optimista y pesimista. 293

Figura 180. Sensibilidad social de San Andrés Isla en los escenarios 2040. 294

Figura 181. Sensibilidad social de Providencia y Santa Catalina en los escenarios 2040. 295

Figura 182. Diagrama de instituciones con injerencia en el tema de cambio climático, clasificados de acuerdo a su función. 305

Figura 183. Diagrama de instituciones con injerencia en el tema de cambio climático, clasificados de acuerdo a su ámbito territorial. 306

Figura 184. Diagrama de instituciones con injerencia en el tema de cambio climático, clasificados según su importancia 307

Figura 185. Principales actores sociales 308

Figura 186. Líneas estratégicas de adaptación. 317

LISTADO ACRÓNIMOS

ANM: Ascenso en el Nivel Medio del Mar.

Ashotel: Asociación de Hoteles de San Andrés y Providencia.

BID: Banco Interamericano de Desarrollo.

CCO: Comisión Colombiana de Oceanografía.

CD: Consejo Departamental.

CDGR: Consejo Departamental para la Gestión del Riesgo.

CICR: Comité Internacional Cruz Roja.

CLOPAD: Comité Local de Emergencias para la Prevención y Atención de Desastres.

CM: Consejo Municipal.

CMGR: Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo.

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

CN: Comité Nacional.

CNA: Consejo Nacional Ambiental.

COMUEDAM: Comité Municipal del Medio Ambiente.

CONPES: Consejo Nacional de Política Económica y Social.

COP: Conferencia de las Partes.

CORALINA: Corporación Autónoma para el desarrollo sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

COTELCO: Asociación Hotelera y turística de Colombia.

CREPAD: Comité Regional de Emergencias para la Prevención y Atención de Desastres.

DIMAR: Dirección General Marítima.

DNP: Departamento Nacional de Planeación.

DPAD: Dirección de Prevención y Atención de Desastres.

FINDETER: Financiera de Desarrollo Territorial.

FISNCR: Federación Internacional de Sociedades Nacionales de La Cruz Roja.

FMI: Fondo Monetario Internacional.

FONADE: Fondo Financiero de proyectos de desarrollo.

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.

INAP: Proyecto Piloto Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

INCODER: Instituto colombiano de Desarrollo Rural.

INVEMAR: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis".

INVIAS: Instituto Nacional de Vías.

IPCC: (sigla en inglés) Intergovernmental Panel on Climate Change.

JAC: Juntas de Acción Comunal.

JAL: Juntas Administradoras Locales.

MADR: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

MADS: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible.

MHCP: Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

MME: Ministerio de Minas y Energía.

MT: Ministerio de Transporte.

MVCT: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

OCCRE: Oficina de Control de Circulación y Residencia.

OMM: Organización Mundial de Meteorología.

PCN: Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

PNPAD: Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.

SCN: Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

SNPAD: Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.

UNAL: Universidad Nacional de Colombia.

1. RESUMEN DE PRODUCTOS POR ACTIVIDADES

<table>
<tr><th>OBJETIVO</th><th>ACTIVIDAD</th><th>PRODUCTO</th><th>VERIFICADOR</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Evaluar la vulnerabilidad actual, a partir de la condición de los sistemas biofísico, socioeconómico e institucional teniendo cuenta las amenazas que se determinan en el área de riesgo actual definida.</td><td>Actividad 1. Recopilación de información secundaria</td><td rowspan="6">1. Un documento de evaluación de la vulnerabilidad por ascenso del nivel del mar (ANM) de las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina con la formulación de una propuesta de lineamientos de adaptación al cambio climático</td><td rowspan="6"><u>2 DOCUMENTO TÉCNICO</u></td></tr>
<tr><td>Actividad 2. Descripción de la metodología de trabajo para el análisis de vulnerabilidad</td></tr>
<tr><td>Actividad 3. Diagnóstico ambiental</td></tr>
<tr><td>Actividad 4. Evaluación de la vulnerabilidad actual.</td></tr>
<tr><td>Diseñar un escenario futuro de inundación de referencia.</td><td>Actividad 5. Definición de un escenario tendencial futuro.</td></tr>
<tr><td>Evaluar la vulnerabilidad futura, bajo el escenario de inundación de referencia, de los sistemas biofísico, socioeconómico e institucional.</td><td>Actividad 6. Evaluación de la vulnerabilidad bajo un escenario climático futuro para el sistema biofísico, socioeconómico e institucional.</td></tr>
<tr><td>Proponer un conjunto de lineamientos de adaptación</td><td>Actividad 7. Propuesta de lineamientos de adaptación</td></tr>
<tr><td colspan="3">2. Entrega de cartografía producida en el estudio en formato ArcGis v 10.0 que incluye geodatabase, salidas gráficas en formato mxd, pdf y png, y metadato.</td><td><u>3 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA</u></td></tr>
<tr><td colspan="3">3. Realización de dos talleres de socialización de resultados del estudio, ante los comité departamental de gestión del Riesgo, uno (1) en San Andrés y (1) en providencia. Entrega de listas de asistencia y actas de realización de talleres con registros fotográficos.</td><td><u>4. REGISTRO DE TALLERES</u></td></tr>
</table>

2. DOCUMENTO TÉCNICO

Evaluación de La Vulnerabilidad Por Ascenso del Nivel Del Mar (ANM) De Las Islas de San Andrés, Providencia Y Santa Catalina Con la Formulación de una Propuesta de Lineamientos de Adaptación al Cambio Climático

2.1. INTRODUCCIÓN

El calentamiento del sistema climático es una realidad, evidenciada principalmente por indicadores como incremento en la temperatura promedio global del aire y el océano, acidificación del océano, derretimiento de la nieve glacial y el hielo en los polos, aumento de ocurrencia de eventos extremos y en el aumento en el nivel del mar. De acuerdo al Cuarto Informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (siglas en inglés) IPCC (2007) se tiene como evidencias aumentos del nivel medio del mar asociados principalmente en la expansión térmica del océano (con un aporte de 1,6 mm por año) y al derretimiento de capas de hielo y glaciares (con el 0,77 mm por año). El aumento total en el nivel del mar observado en el siglo XX fue de 17 cm. En promedio, los glaciares de montaña y la cubierta de nieve han disminuido en ambos hemisferios.

Los efectos de esa realidad sobre la sociedad nos están obligando a cambiar nuestros estilos de vida, a buscar formas de relacionarnos con la naturaleza desde otras perspectivas, y lo más importante, a adaptarnos. La educación juega un papel vital en este nuevo escenario; solo a través de procesos educativos lograremos que la sociedad se adapte a los retos que nos esperan en el futuro cercano. Colombia ya ha iniciado el camino hacia la adaptación al cambio climático, hay una conciencia en las instituciones nacionales por sacar del mundo de las predicciones la información científica y convertirla en pedagogía, en ciencia aplicable a la vida cotidiana (IDEAM, 2010).

Todos los países del globo, en mayor o menor grado, han asumido compromisos durante las últimas dos décadas para mitigar los efectos del cambio climático. En 1992, el año en que se celebró la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en Brasil, se firmó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático CMNUCC. En este espacio la humanidad dio inicio a las primeras acciones para enfrentar el problema que aqueja por igual a todas las naciones. A partir de 1995 y hasta hoy, cada año se reúnen representantes de todos los gobiernos del mundo para evaluar los avances en esas acciones. La CMNUCC es la herramienta jurídica y política más importante para convocar a los países del mundo a tomar compromisos serios frente al cambio climático. Este instrumento reúne los esfuerzos encaminados a hacer frente a los desafíos a los que se enfrenta la humanidad. Esta reconoce que el sistema climático es un recurso compartido cuya estabilidad puede verse afectada por actividades industriales y de otro tipo que emiten dióxido de carbono y otros gases que retienen el calor (Naciones Unidas, 1992).

En 1997, en la tercera conferencia sobre cambio climático llevada a cabo en Kioto, Japón, los gobiernos acordaron incorporar una adición al tratado conocida como "Protocolo de Kyoto". Se trata de medidas más enérgicas y jurídicamente vinculantes para que los países reduzcan las emisiones de gases efecto invernadero. Desde entonces los países presentan al planeta estudios concretos sobre la responsabilidad de cada nación en la emisión de gases efecto invernadero, las acciones que se toman para reducir o mitigar los impactos y las proyecciones sobre cómo enfrentar el futuro. Respondiendo a esto, Colombia a través de las Comunicaciones Nacionales presenta los resultados a la Convención.

Los acuerdos a los que ha llegado el mundo frente al cambio climático han confluido en leyes de la república de Colombia, cuyos mandatos deben ser convertidos en hechos concretos. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático CMNUCC – 1992 fue ratificada en Colombia por el Ley 164 de 1995 y el Protocolo de Kioto – 1997 por la Ley 629 de 2000.

En el año 2001, Colombia presentó la Primera Comunicación Nacional (PCN) ante la CMNUCC, mediante un documento coordinado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM y la participación de entidades públicas y privadas. En 2009-2010 se define la Segunda Comunicación Nacional (SCN) en la cual se exponen los resultados de estudios tales como los realizados por el IDEAM, con indicadores sobre algunas evidencias del cambio climático en Colombia, basados en el análisis de series históricas de la precipitación acumulada diaria, de los extremos diarios de temperatura (mínima y máxima) y de registros de la estación mareográfica de Cartagena (Bolívar) para la deducción de tasas de ascenso del nivel del mar en el Caribe, por ejemplo (3,5 mm/año).

De presentarse para el año 2100 un ascenso del nivel del mar en un metro, la población que se vería afectada estaría por el orden de 1,4 a 1,7 millones de habitantes, equivalentes entre 2 y 3% de la población nacional en ese mismo año; de estos porcentajes, 80% corresponde al Caribe y 20% al Pacífico. Aproximadamente 55% de la población del litoral Caribe estará expuesta a los efectos directos de la inundación marina. De la población afectada, aproximadamente 90% se encuentra localizada en las cabeceras municipales, en tanto que la restante se distribuye en forma dispersa en las áreas rurales (IDEAM, 2010).

Con base en los resultados de modelos de alta resolución elaborados por el IDEAM-Ruiz (2010) citados en IDEAM (2010), en términos generales se tiene que en promedio, la temperatura media aumentaría 1,4°C para el periodo 2011-2040; 2,4°C para el lapso de 2041-2070 y 3,2°C para el periodo comprendido entre los años 2071 a 2100. El Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina es uno de los departamentos que mayor incremento promedio de la temperatura (0,13 ºC / década para el país) presenta en el país, en el periodo de referencia (1971-2000). Siendo también uno de los departamentos con mayores registros de incremento de precipitación total anual por década (0,67 mm).

El Archipiélago de San Andrés y Providencia es la zona insular más importante del país y se haya rodeada por complejos arrecifales de gran importancia en el Caribe, con una riqueza ecológica y paisajística considerable, además de su atractivo para el turismo debido a la belleza de sus playas (Díaz *et al.*, 2000). El desarrollo del turismo y el comercio han auspiciado el crecimiento poblacional de San Andrés, donde según Chaparro y Jaramillo (2000) citados en IDEAM (2010), la densidad poblacional en los 27 km^2 de área es de aproximadamente 2.000 hab/km^2 para el año 2000. En Providencia y Santa Catalina, con un área aproximada de 22 km^2, el turismo y el crecimiento poblacional han sido muy reducidos.

De acuerdo con las evaluaciones realizadas por el IDEAM (Martínez, Jaramillo & Chaparro, 2007) citados en IDEAM (2010), el ascenso del nivel del mar podría causar la inundación de 10,1% de la isla de San Andrés, representado en áreas de marismas, cordones litorales, rellenos artificiales y algunas terrazas coralinas bajas cubiertas por mangle. En estas áreas se verían afectadas zonas urbanas de uso residencial y comercial, así como el puerto de la isla. Por su parte, en las islas de Providencia y Santa Catalina, el área expuesta a la inundación representa 3,8% del área de las islas, donde se incluyen sectores actualmente ocupados por zonas residenciales, comerciales y públicas, entre las cuales se encuentra el puerto de Providencia. También se verían afectadas las zonas de interés turístico de las bahías de Manzanillo, Suroeste y Agua dulce, donde podría presentarse el retroceso de los cordones de playa y la inundación de las marismas (IDEAM, 2010).Tanto en San Andrés como en Providencia se podrían presentar procesos de aumento del nivel freático y de saturación de los depósitos de agua superficiales que podrían causar el deterioro de las bases de las construcciones y la obstrucción de drenajes y alcantarillados por pérdida de pendiente para la evacuación de las aguas servidas. Igualmente, este efecto podría incrementar los niveles de sales en los escasos suelos presentes en estas áreas, reduciendo las posibilidades de actividades agrícolas.

La erosión de la línea de costa es un proceso que actualmente se presenta en las islas con mayor intensidad y consecuencias en San Andrés, donde ha producido la pérdida de playas, el retroceso de algunos sectores del litoral y la destrucción de algunas viviendas. Con el incremento del nivel del mar asociado con el cambio climático, es posible un aumento en la intensidad y extensión de los procesos de erosión, los cuales podrían afectar especialmente el 12,3% de la línea de costa de la isla de San Andrés que es altamente susceptible a la erosión, donde se verían afectados sectores de usos turístico y portuario de la isla. En las islas de Providencia y Santa Catalina, 18,5% de la línea de costa es altamente susceptible a la erosión y donde potencialmente se desarrollarían los más severos procesos de erosión litoral, afectando terrenos con usos turístico y residencial principalmente, como las playas (IDEAM, 2010).

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático en su Cuarto Informe de Evaluación (IPCC, 2007) asegura, con una confianza muy alta, que se incrementarán los riesgos en zonas costeras, entre los que se incluyen además del aumento acelerado del nivel del mar para 2100, aumento de la temperatura del aire; aumento de la temperatura superficial marina de 1 a 3 ºC en el futuro; aumento de la intensidad de los ciclones tropicales y extra-tropicales; mayores oleajes con olas extremas y tormentas; modificación de las tasas de precipitación y escorrentía; y acidificación de los océanos.

Por ello, se ha despertado un gran interés dentro de la comunidad científica en cuantificar las consecuencias del cambio climático en las regiones de mayor susceptibilidad, dado que se trata de un fenómeno evolutivo y a largo plazo, y dadas sus potenciales consecuencias sobre el sistema socioeconómico. Se hace necesario que las autoridades competentes tengan herramientas para determinar las medidas de adaptación y mitigación que permitan sobrellevar este fenómeno de una manera sostenible. Siendo uno de los primeros pasos el desarrollo de estudios de evaluación de la vulnerabilidad de los componentes expuestos a los efectos del Cambio Climático.

Para ello el Gobierno nacional ha dispuesto reglamentaciones tales como el Decreto Ley 919 de 1989 en el cual se establece la necesidad de formular un Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres –PNPAD, el cual fue adoptado mediante Decreto 93 de 1998 con un esquema de gestión integral de riesgo, con estrategias fundamentales como: 1) Conocimiento sobre Riesgos de Origen Natural y Antrópico; 2) Incorporación de la Prevención y Reducción de

Riesgos en la Planificación; 3) Fortalecimiento del Desarrollo Institucional; y, 4) Socialización de la Prevención y la Mitigación de Desastres.

Por otro lado en el Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014, "Prosperidad para Todos", el Gobierno Nacional determinó como prioritario adelantar gestiones concretas para la reducción y prevención de riesgos en el país. Dentro del programa de inversión: "Gestión Ambiental y del Riesgo que Promueva el Desarrollo Sostenible", plantea los siguientes objetivos:

1) Aumento del conocimiento, monitoreo, análisis y evaluación de las amenazas, la vulnerabilidad y el riesgo.
2) Mejorar la información sobre el riesgo y su divulgación.
3) Incrementar las medidas para la prevención y mitigación del riesgo.
4) Fortalecimiento Institucional del SNPAD.
5) Aumento de la capacidad de respuesta financiera no solo ante la ocurrencia de un evento adverso sino en acciones de prevención.

En este orden de ideas y de acuerdo a las funciones de las Corporaciones Autónomas estipuladas en la Ley 99 de 1993, de asesorar y colaborar con las entidades territoriales mediante la elaboración de inventarios y análisis de zonas de alto riesgo y el diseño de mecanismos de solución, así como las estrategias de manejo de zonas expuestas a amenazas y riesgos naturales, es necesario desarrollar estudios que permitan el conocimiento sobre los riesgos a los cuales está expuesta la región y plantear alternativas que minimicen los impactos de las amenazas naturales.

Para esto la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina CORALINA diseñó la estrategia de contratación para efectuar en el marco del proyecto "Gestión Y Prevención De Riesgo Y Adaptación Al Cambio Climático En El Proceso De Ordenamiento Territorial", el estudio de evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. La celebración de un convenio de asociación con el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR enmarca el presente estudio que pretende la evaluación de la vulnerabilidad del departamento, abordada para la porción emergida del mismo, a una mayor escala que estudios antecesores sin perder de vista sus aportes y buscando a partir de la más reciente información secundaria la actualización del diagnóstico de los componentes físico, biótico y socioeconómico, como grupos de elementos expuestos a los efectos del cambio climático específico como lo es el ascenso del nivel medio del mar. Y adicionalmente incluyó que a partir del análisis, se emitiera una primera propuesta de lineamientos de adaptación al cambio climático para el departamento.

CORALINA mediante este estudio, pretende satisfacer una de sus importantes necesidades planteadas desde sus propios instrumentos de panificación.

2.1.1. *OBJETIVO GENERAL*

Evaluar la vulnerabilidad por Ascenso en el Nivel del Mar (ANM) y formular una propuesta de lineamientos de adaptación para las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

2.1.2. *Específicos*

- Evaluar la vulnerabilidad actual, a partir de la condición de los sistemas biofísico, socioeconómico e institucional teniendo cuenta las amenazas que se determinan en el área de riesgo actual definida.
- Diseñar un escenario futuro de inundación de referencia.
- Evaluar la vulnerabilidad futura, bajo el escenario de inundación de referencia, de los sistemas biofísico, socioeconómico e institucional.
- Proponer un conjunto de lineamientos de adaptación.

2.2. MARCO TEÓRICO

Para el proceso de análisis y evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático, se requiere de manera previa, aclarar algunos conceptos claves que se abordan con la metodología adoptada y que hacen parte del marco teórico de referencia. A continuación se presentan los principales conceptos y enfoques que se manejan y analizan a lo largo del presente estudio.

2.2.1. Conceptos

Cambio climático

Se refiere a la variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos.

La Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas, en su Artículo 1o, define el cambio climático como "cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables" (Naciones Unidas, 1992).

Clima

El clima se suele definir en sentido restringido como el estado promedio del tiempo. Más rigurosamente como, una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta millares o millones de años (IPCC, 2007).

El período de promedio habitual es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial OMM.

Impactos del Cambio climático

Se refiere a los efectos del cambio climático sobre los sistemas naturales y humanos. Según se considere o no el proceso de adaptación, cabe distinguir entre impactos potenciales e impactos residuales (IPCC, 2007):

- Impactos potenciales: Todo impacto que pudiera sobrevenir en relación con un cambio proyectado del clima, sin tener en cuenta la adaptación.
- Impactos residuales: Impactos del cambio climático que sobrevendrían tras la adaptación.

Los efectos mayormente reconocidos son:

- Acidificación de los océanos
- Ascenso del nivel del mar
- Ablación de glaciares
- Inundación
- Erosión
- Aumento en ocurrencia de eventos hidro-meteorológicos extremos: ENSO, precipitación extrema y temperatura extrema, ciclones tropicales, incendio en coberturas vegetales.
- Salinización de suelos
- Salinización de acuíferos en zonas costeras (desplazamiento de cuña salina)
- Aumento de la sensación térmica
- Disturbios en la salud humana por epidemias (favorecidas por altas temperatura y ata precipitación)
- Disminución de productividad pesquera y agropecuaria
- Blanqueamiento de corales

Amenaza

Se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por el hombre, con capacidad de generar daños o pérdidas en un lugar y momento determinado. (Millán, 2005). Asimismo, la amenaza hace referencia a la probable ocurrencia de un fenómeno, sea natural o generado por el hombre deforma no intencional, que tenga la potencialidad de generar daños y pérdidas en un contexto social, temporal y espacial determinado (Millán, 2005).

En términos más técnicos, la definición de amenaza puede expresarse como la probabilidad de excedencia de ciertos parámetros del fenómeno bajo consideración en un periodo de tiempo determinado.

Exposición

Presencia de personas, medios de subsistencia, servicios, recursos, infraestructura, en lugares que puede verse afectados.

Vulnerabilidad

Como referencia general, se parte de la definición dada por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007) quien define la vulnerabilidad "como el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos..."

La vulnerabilidad, según Varnes (1984) citado por IDEAM (2010) es el grado de pérdida de un determinado elemento o grupo de elementos en riesgo, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud dada. Es decir, las pérdidas potenciales son el referente del impacto potencial.

El término de vulnerabilidad no tiene una definición aceptada universalmente. Dentro de la literatura de riesgos, amenazas del clima, pobreza, se relaciona con el subdesarrollo y la exposición a la variabilidad climática.

Según el IPCC (2007) la definición de vulnerabilidad bajo el contexto del cambio climático, es la siguiente: la vulnerabilidad se considera como los impactos residuales del cambio climático luego que han sido implementadas las medidas de adaptación.

Vulnerabilidad = riesgos (impactos climáticos negativos predichos) - adaptación

Los factores de los cuales depende la vulnerabilidad son:

- Grado de susceptibilidad, y de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático,
- La variabilidad del clima y los fenómenos extremos.
- La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación.

Por lo cual la vulnerabilidad se expresa así (Figura 1):

$$\text{Vulnerabilidad} = f(\text{expuesto, sensibilidad, capacidad})$$

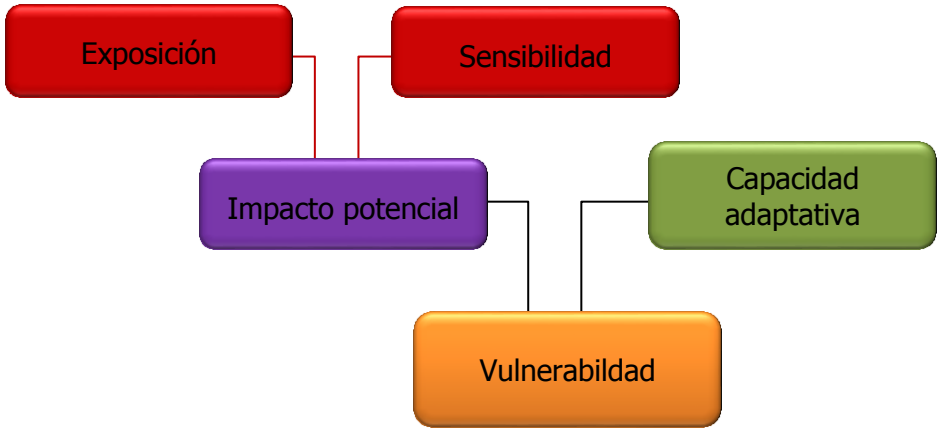


***Figura 1. Relación de la vulnerabilidad con sus componentes de análisis** (Lough, **2007**).*

Susceptibilidad – sensibilidad – capacidad de adaptación

La sensibilidad está definida como el grado en que un sistema puede ser afectado positiva o negativamente, por los estímulos relacionados con el clima. La sensibilidad también puede ser determinada como el grado con el cual un sistema es afectado o reactivo a los estímulos del clima (Aerts & Droogers, 2004).

Desastre

Alteraciones graves del funcionamiento de una comunidad, sociedad debido a fenómenos físicos, que interactúan con condiciones sociales vulnerables.

Riesgo

La probabilidad de las consecuencias dañinas o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, daños en viviendas, hogares o actividades económicas) resultantes de la interacción entre amenazas naturales o antropogénicas y las condiciones de vulnerabilidad.

Riesgo = f(la probabilidad de las consecuencias, vulnerabilidad)

Es decir, que el término riesgo se refiere a la interacción de la probabilidad de una amenaza o impacto climático y las condiciones de vulnerabilidad, que a su vez dependen de tres variables: la exposición (o susceptibilidad), la sensibilidad y la capacidad de respuesta del sistema.

El IPCC también define el concepto de *adaptación al Cambio Climático* como "el ajuste de los sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos reales o esperados, o a sus efectos, que atenúa los efectos perjudiciales o explota las oportunidades beneficiosas".

Por lo tanto, la evaluación que se realiza en este estudio de los riesgos socio-económicos considerará los impactos del cambio climático sobre los sistemas sociales o económicos. Esta evaluación incluye la evaluación de vulnerabilidad que considerará tanto el grado de exposición o susceptibilidad de los sistemas naturales y sociales o económicos, así como sus características que lo hacen más o menos sensible a dichos impactos.

Gestión del riesgo

Proceso para diseñar, aplicar y evaluar estrategias, políticas y medidas para mejorar la compresión de los riesgos, fomentar la reducción y la transferencia de riesgos, promover mejora en prácticas de preparación, repuesta y recuperación para casos de desastre.

Desastre

Conjunto de daños y pérdidas cuya magnitud desborda la capacidad de una unidad social para enfrentar, absorber y recuperar del impacto de un peligro.

Respuestas al Cambio Climático:

La capacidad de adaptación se determina con base en las condiciones de los involucrados para afrontar los potenciales daños, afectaciones o pérdidas, junto con las oportunidades que se deriven del cambio climático y/o variabilidad climática.

Adaptación

Ajuste en los sistemas naturales o humanos en respuesta a los estímulos climáticos reales o esperados, o sus efectos, lo que modera el daño o aprovecha las oportunidades. La capacidad para adaptarse y para atenuar los efectos del cambio depende de las circunstancias socioeconómicas y medioambientales y de la disponibilidad de información y de tecnología.

Resiliencia

Capacidad de un sistema social o ecológico para absorber una alteración sin perder ni su estructura básica o sus modos de funcionamiento, ni su capacidad de auto organización, ni su capacidad de adaptación al estrés y al cambio (IPCC, 2007).

Mitigación

Cambios y reemplazos tecnológicos que reducen el insumo de recursos y las emisiones por unidad de producción.

Aunque hay varias políticas sociales, económicas y tecnológicas que reducirían las emisiones, la mitigación, referida al *cambio climático*, es la aplicación de políticas destinadas a reducir las emisiones de *gases de efecto invernadero* y a potenciar los *sumideros*.

Escenario

Descripción plausible y frecuentemente simplificada de un futuro verosímil basada en un conjunto consistente y coherente de supuestos sobre las fuerzas que lo generan y sobre las relaciones más importantes. Los escenarios pueden estar basados en proyecciones, pero suelen basarse también en datos obtenidos de otras fuentes, acompañados en ocasiones de una *descripción textual*.

Escenarios IPCC

El IPCC desde su responsabilidad de evaluar los aspectos científicos, los efectos y los aspectos socioeconómicos del cambio climático y de las opciones de mitigación y adaptación, proporciona desde 1994, previa solicitud, asesoramiento científico y técnico el diseño de escenarios proyectando diversas emisiones y concentraciones de gases de efecto invernadero para estimar los cambios en el clima del planeta, para ello utiliza diferentes hipótesis sobre el desarrollo socioeconómico del planeta.

Para generar escenarios del clima futuro en el año 2000, el IPCC produce un Informe Especial de Escenarios de Emisiones IEEE, en el cual considera modelos integrados que contemplan tanto la generación futura de gases de efecto invernadero GEI producto del desarrollo socioeconómico global, como la respuesta del clima del planeta al forzamiento radiativo resultante (IPCC, 2000). Los escenarios IEEE están agrupados en cuatro familias (A1, A2, B1 B2) que exploran vías de desarrollo alternativas incorporando toda una serie de fuerzas originantes demográficas, económicas y tecnológicas, junto con las emisiones de GEI resultantes. Los escenarios IEEE no contemplan otras políticas climáticas además de las existentes. Las proyecciones de emisión son muy utilizadas para conjeturar el cambio climático futuro, y sus supuestos básicos respecto de la evolución socioeconómica, demográfica y tecnológica son el punto de partida de numerosos estudios sobre la vulnerabilidad del cambio climático y evaluaciones de impacto.

A manera de síntesis los escenarios de emisiones se describen presentando las características argumentales para cada uno definidos por el IPCC (IPCC, 2000).

EE-A1. Presupone un crecimiento económico mundial muy rápido, un máximo de la población mundial hacia mediados de siglo, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Se divide en tres grupos, que reflejan tres direcciones alternativas de cambio tecnológico:

- intensiva en combustibles fósiles (A1FI),
- energías de origen no fósil (A1T),
- equilibrio entre las distintas fuentes (A1B).

EE-A2. Describe un mundo muy heterogéneo con crecimiento de población fuerte, desarrollo económico lento, y cambio tecnológico lento.

EE-B1. Describe un mundo convergente, con la misma población mundial que A1, pero con una evolución más rápida de las estructuras económicas hacia una economía de servicios y de información

EE-B2. Describe un planeta con una población intermedia y un crecimiento económico intermedio, más orientada a las soluciones locales para alcanzar la sostenibilidad económica, social y medioambiental.

No se han asignado niveles de probabilidad a ninguno de los escenarios IEEE.

El escenario A2, supone un mundo heterogéneo con aumento continuo de la población mundial y un crecimiento económico orientado regionalmente y más fragmentado, mientras que el escenario B2, supone un mundo en el cual hay un énfasis a soluciones locales para la sostenibilidad económica, social y ambiental, con crecimiento continuo de la población (inferior a A2) y desarrollo económico intermedio.

El escenario B2, por ser un escenario "más optimista" que el A2, muestra las variaciones climáticas menos intensas. Sin embargo, la distribución del comportamiento de la lluvia y la temperatura muestran tendencias similares para los dos modelos.

Los escenarios sirven de base para evaluar las consecuencias climáticas y medioambientales de las emisiones futuras de gases de efecto invernadero, y para evaluar las estrategias de mitigación y adaptación alternativas. Contienen valores de referencia con respecto a las emisiones, así como información sobre reestructuración económica en todo el mundo, examinan diferentes tasas y tendencias del cambio tecnológico, y amplían el repertorio de trayectorias diferentes de desarrollo económico, y en particular las tendientes a reducir las desigualdades de ingresos entre países desarrollados y en desarrollo. Se ha incorporado mayor diversidad de perspectivas ya que se ha identificado a través del tiempo y con ayuda de grupo de expertos, que los diferentes acontecimientos sociales, económicos y tecnológicos producen un fuerte impacto sobre las tendencias de las emisiones, sin presuponer explícitamente intervenciones en forma de políticas sobre el clima. Es así como los escenarios proporcionan también importantes ideas sobre los vínculos existentes entre la calidad del medio ambiente y el tipo de desarrollo elegido, y constituyen sin duda un útil instrumento para los expertos y responsables de decisiones (IPCC, 2000).

Como se describió, la definición de escenarios IPCC, se basa en predicciones a partir de modelos de variables principalmente climáticas para simular situaciones de la atmosfera, de los países y de la población a un futuro determinado.

Escenarios Climáticos para Colombia en el periodo 2011 A 2040

Usando como referencia los escenarios de emisiones del IPCC, Colombia a través de la última Comunicación Nacional (IDEAM, 2010) presenta modelos y genera predicciones que buscan ser cada vez más reales en pro de la reducción de la incertidumbre, proponiendo escenarios más ajustados a las condiciones del clima y el mar de la región colombiana, usando mejores series históricas de información (precipitación y temperatura) cada vez más completas, utilizando modelos y programas para calcular índices de extremos climáticos para monitorear y detectar el cambio climático. También se analizan las series de la temperatura media a través del cálculo de las tendencias y los valores de alrededor de 600 estaciones para el país, usando la serie comprendida entre 1971 a 2000. El IDEAM, mediante el análisis comparativo de la evidencia de cambio climático entre las observaciones y los resultados de los modelos regionales, verifica los beneficios de los modelos alta resolución usados (Precis "Providing Regional Climates for Impacts Studies", del Reino Unido- y GSM-MRI "Global Spectral Model - Meteorological Research Institute" del Japón).

La IDEAM, presenta entre las evidencias del cambio climático los cambios en temperatura, precipitación y humedad, con el análisis presenta escenarios elaborados por regiones y/o departamentos para los periodos 2011-2014 y 2071.2100 para estas variables. También presenta otras evidencias como el ascenso del nivel del mar con tendencias calculadas basadas en los datos de las mediciones realizadas en el puerto de Cristóbal (Colón) en Panamá, la estación mareográfica de Cartagena (Bolívar) y en la estación mareográfica de Buenaventura (Valle del Cauca) para las costas colombianas.

2.2.2. Enfoque del análisis socioeconómico

A continuación se presenta el enfoque bajo el cual se analiza el componente socioeconómico.

2.2.2.1. El enfoque del sistema social y económico para el análisis de la vulnerabilidad

El enfoque de sistema analizó el objeto de estudio desde una visión amplia, entendiendo los sistemas como un conjunto organizado de cosas o partes interactuantes e interdependientes, que se relacionan formando un todo unitario y complejo, o entre los distintos subsistemas que lo componen y sus interrelaciones para cumplir un objetivo que requiere un análisis integral (Moreno, 2005).

El subsistema social y económico es entendido como un sistema en donde los dos componentes interactúan entre ellos, sin olvidar la estrecha relación existente con el subsistema ambiental, que para efectos de este trabajo fue analizado en otro componente (el ambiental) para después ser integrado en el análisis. Es necesario entender cómo funcionan los subsistemas, para después ser integrados y entenderlos de manera agregada, en su funcionamiento e interacción dentro del sistema social y económico, comprendiendo la relación entre cada una de las partes, en otras palabras, es necesario entender las relaciones o enlaces entre los entes, que igualmente pueden afectar otras entidades (Cuevas, 2008). Bajo este enfoque, el análisis de la vulnerabilidad que se presenta en este aparte se subdividió en el subsistema social y económico.

El subsistema social referido a un conjunto de relaciones entre: i) atributos específicos de las poblaciones humanas que están asentadas en el área de estudio, que determinan su sensibilidad al cambio climático a través de las condiciones de vida y los niveles de pobreza; ii) la configuración del territorio, que involucra la geografía y el uso del suelo; y iii) los sistemas externos climáticos que interactúan con el subsistema social, relacionados con los fenómenos climáticos.

El subsistema económico referido al análisis de la dinámica de: i) la producción de bienes y servicios, su mercado e insumos, los factores de producción y la apropiación de los excedentes; ii) la configuración del territorio desde la producción y los aportes a la producción local; iii) la escasez de tierra, y iv) los sistemas externos que interactúan con el subsistema económico. La importancia económica se refirió a la representatividad de la principal actividad desarrollada en el polígono en el Producto Interno Bruto departamental, que finalmente permitió cuantificar en términos monetarios el valor económico de los polígonos de análisis.

A partir del resultado de la integración del subsistema social y del subsistema económico se pudo entender la sensibilidad socioeconómica del sistema, y a partir de la afectación del modelo de inundación se encontró la vulnerabilidad total del sistema (vulnerabilidad socioeconómica).

A continuación es necesario entender el funcionamiento y las lógicas bajos las cuales se entendieron los subsistemas de análisis, en primera instancia se presentó la relación entre la pobreza y la vulnerabilidad social.

2.2.2.2. Pobreza y vulnerabilidad social frente cambio climático

Los impactos del cambio climático que se ocasionan en un territorio están determinados por la frecuencia con que las amenazas se presentan, además de los niveles de vulnerabilidad y sensibilidad de los territorios. La sensibilidad del territorio se presenta por atributos intrínsecos de este, los cuales están relacionados con los bienes que pueden tener un daño físico que depende de la susceptibilidad física que se presente (Gallopin, 2006).

La sensibilidad, además de la susceptibilidad física, depende de los procesos sociales que allí se desarrollen, que puede llevar a un territorio a ser más sensible si presenta una mayor fragilidad social, falta de resiliencia y la capacidad de recuperación de los elementos expuestos ante los amenazas climáticas (Cardona, 2007), este grupo de características están ligadas a las condiciones de vida que tiene una población y por ende a los niveles de pobreza observados en un territorio determinado, entendiendo la pobreza como una privación pronunciada del bienestar del individuo o del hogar (Haughton & Shahidur, 2009).

Aunque la pobreza y la vulnerabilidad necesariamente no presentan una relación directa, existe una estrecha relación entre los dos componentes, una alta vulnerabilidad implica resultados diferenciados cuando sucede un evento climático, porque combina la clase de evento con características específicas de la población en razón de la fragilidad social enunciada anteriormente, y así los niveles de pobreza se relacionan con esta fragilidad, puesto que corresponde con condiciones sociales y económicas precarias del individuo y de la sociedad, que hace esa diferenciación en cuanto el grado de impacto. Aunque, se puede enunciar diferencias en cuanto a los componentes de la vulnerabilidad y la pobreza, en que la primera es relativa y se ve de forma específica frente a un evento climático particular, mientras la pobreza es menos variable y corresponde a una medida descriptiva de las carencias o necesidades de las personas (Lampis, 2010).

De manera general, los países en desarrollo son más impactados por los efectos del cambio climático porque la población pobre tiene una alta dependencia de los recursos naturales y una limitada capacidad de adaptación al cambio climático (The World Bank, 2013), para los asentamientos humanos los lugares con mayor vulnerabilidad al cambio climático se presentarán en donde se ubica la población más empobrecida y en las zonas de alto riesgo, afectada por la reducción de las fuentes de agua potable, el incremento de las enfermedades y el aumento de los fenómenos meteorológicos extremos (Samaniego, 2009). En el caso colombiano, a nivel del hogar existe una relación estrecha entre el riesgo ambiental y ser extremadamente pobre, es más probable que un hogar se encuentre en un decil alto de la distribución del ingreso cuando su vivienda no presenta riesgos medioambientales a su alrededor (Lampis, 2010), de este modo, estas características permiten evidenciar la existencia de una estrecha relación entre la pobreza y la vulnerabilidad climática, así como mayores niveles de impacto ante la condición de pobreza.

2.3. PROCESO METODOLÓGICO

La metodología de trabajo adoptada se basó en el modelo de adaptación de Naciones Unidas para el Desarrollo como una base para el desarrollo de un marco operacional local de vulnerabilidad y adaptación (PNUD, 2005). Adicionalmente se utilizaron documento de referencia como el informe Síntesis del IPCC (2007); la Segunda Comunicación Nacional (IDEAM, 2010); Lineamientos del Plan Nacional de Adaptación (DNP); y los informes técnicos de los proyecto nacionales de vulnerabilidad por un Aumento del Nivel del Mar por cambio climático (INVEMAR, 2003; INVEMAR, 2008).

La valoración de la vulnerabilidad se aborda en este estudio, desde una visión integradora de la información social, ecológica y económica del paisaje y su población, siendo esta una estrategia ya implementada en estudios de manejo integrado costero, de riesgos naturales o salud humana, y que corresponde a un método relativamente reciente para abordar el tema del cambio climático.

La metodología para evaluar la vulnerabilidad y definir las estrategias de adaptación, parte del análisis de las condiciones actuales locales agrupados en el componente naturales o biofísico y el social. El social incluye los asentamientos humanos, la infraestructura, los sectores productivos y las relaciones sociales y económicas dadas.

Es importante tener en cuenta que la vulnerabilidad puede corresponder a las condiciones actuales (es decir, la línea de base de vulnerabilidad definida por condiciones socioeconómicas). Sin embargo, puede extenderse al futuro como un escenario de referencia de la vulnerabilidad socioeconómica. Asimismo, diferentes autores se refieren a la vulnerabilidad futura en relación con el cambio climático, para lo cual se usa el término vulnerabilidad al cambio

Con base en el marco de política de adaptación de PNUD (2005), se desarrolló el esquema de la Figura 2 que representa los pasos metodológicos aplicados en el estudio.

Figura 2. Diagrama del proceso metodológico seguido en el estudio.

A partir de los documentos guías, se estableció el enfoque y alcance el trabajo. Se determinó el enfoque por amenazas para la evaluación de vulnerabilidad actual y futura, los horizontes temporales y los pasos metodológicos. Adicionalmente se pretende articular el estudio con las estrategias de adaptación en marcha a nivel nacional.

2.3.1. *Delimitación de área de estudio*

El área general de interés corresponde al departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina que se ubica en el extremo norte jurisdiccional de Colombia sobre el mar Caribe (sector Occidental) (Figura 3). Tal jurisdicción cuenta con un área aproximada de 180.000 km^2 de

los cuales menos del 1% son áreas emergidas y su inmensa mayoría son las aguas marinas colombianas ricas biológicamente e importantes por los servicios de provisión, regulación, soporte y culturales, que ofrece tanto al Archipiélago en particular como a la extensión del Caribe colombiano y al Gran Caribe en general. La localización del Archipiélago es un referente para todos los colombianos de las fronteras marítimas del país en el Caribe; con Costa Rica, Nicaragua, Honduras, Jamaica, Haití y República Dominicana (CORALINA-INVEMAR, 2012).

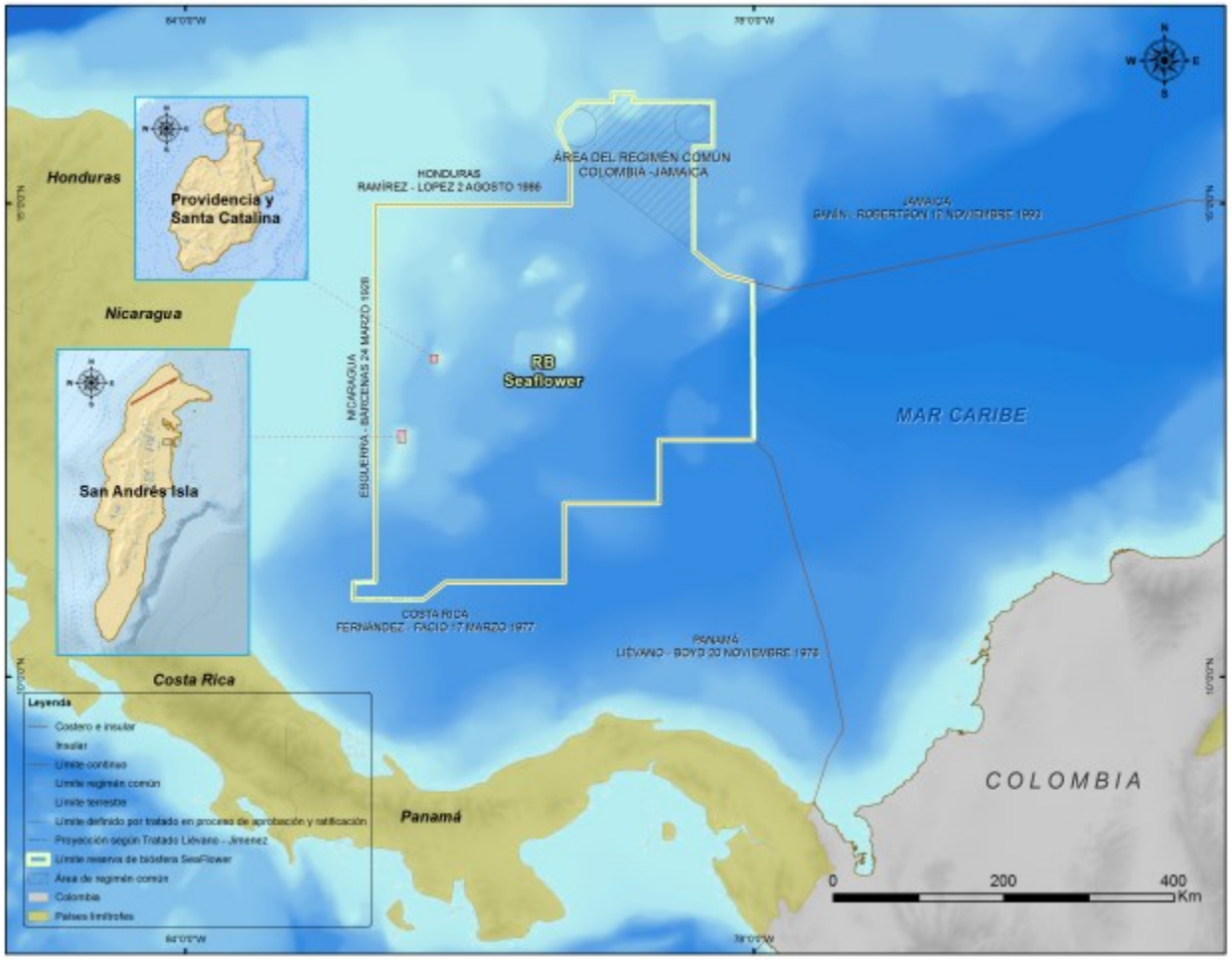


Figura 3. Localización general del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (generado por LabSIS Invemar, 2014).

De acuerdo con las proyecciones del IPCC, el escenario pesimista que presenta un mayor aumento en nivel del mar está a la altura de 1 metro. Considerando esta proyección máxima, se tomó la decisión de delimitar el área de estudio para las dos islas a la altura de los 4 metros sobre el nivel mar, creando un área entre la línea de costa y la cota lo suficientemente grande para abarcar más del 80% de la población de las islas y 95% de la cobertura de la línea de costa.

Para la isla de San Andrés no se tuvieron en cuenta los bajos de 4 metros que se forman como parte del relieve interno de la isla, debido a que su afectación por ascenso del nivel mar es poco probable y se vería más influenciado por estancamiento de aguas lluvias, siendo evaluada solo las áreas que se conectan desde la línea de costa hasta la cota de 4 metros (Figura 4).

Para la delimitación del área de estudio en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina se utilizaron las curvas de nivel del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. Estas tienen una diferencia de altura de 2 metros en cada cota. La línea de costa fue producto de la capa de cobertura de la tierra, trabajada a partir de interpretación visual sobre fotografías de alta resolución ULTRACAM – IGAC 2008, a escala 1:5.000, pero se debió ajustar la línea de costa a escala 1:800 a causa de errores en los límites entre mar y tierra, principalmente en los sectores de playa (Figura 4).

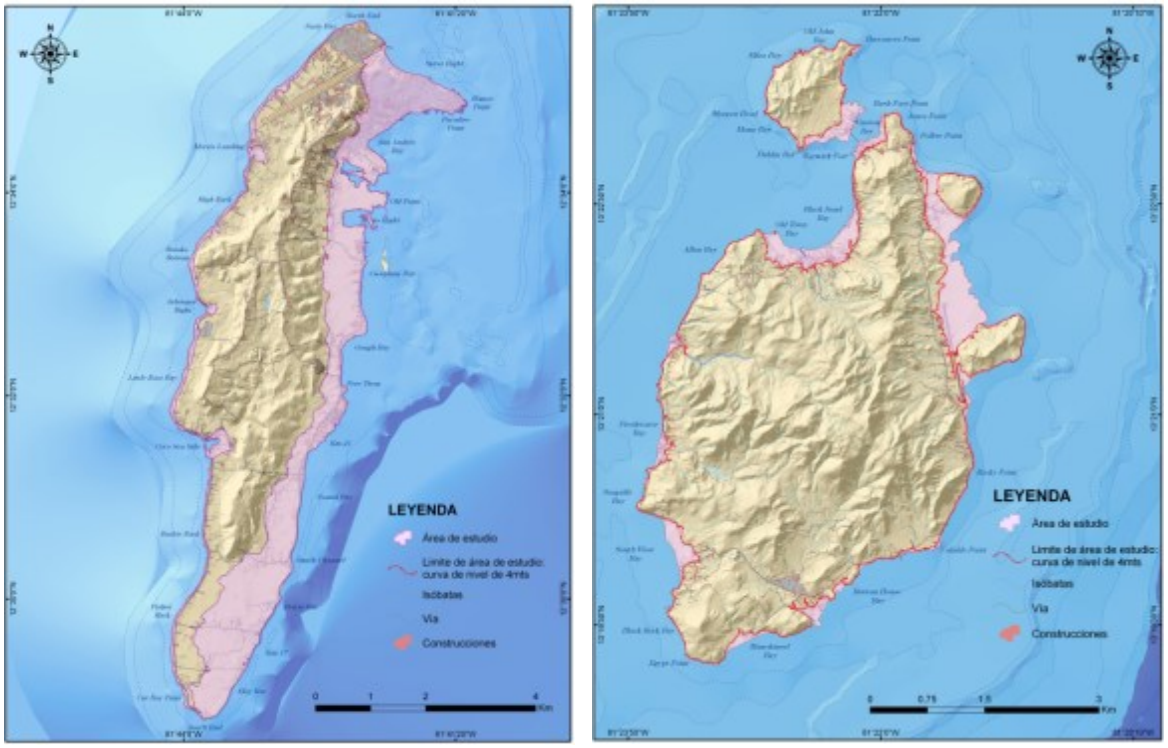


Figura 4. Límite del área de estudio en las islas del San Andrés, Providencia y Santa Catalina (generado por LabSIS Invemar, 2014).

El área de estudio alcanza una extensión de 1.123,4 ha correspondiente a cerca del 23% de territorio emergido de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. La porción de área de estudio en San Andrés equivale al 35% de la isla, en tanto para Providencia y Santa Catalina equivale a cerca del 9%.

2.3.2. *Identificación de Amenazas*

Las amenazas más frecuentes y que históricamente ha ocasionado eventos de desastre en las islas y cuyo impacto se ha acrecentado por la presencia de amenazas antrópicas, fueron caracterizadas a partir de la revisión de diversos documentos del INVEMAR, FONADE, CORALINA y Gobernación Departamental, que permitieron evidenciar la evolución de algunos segmentos de costa, los procesos erosivos presentes en ellas y su correlación con los actuales. Por medio de lo anterior y de un chequeo de control en campo en el año 2013, se determinaron los procesos actuales en el borde costero, actividades de restauración de la bancada vial con miras a proteger la misma y el enmascaramiento de procesos erosivos presentados en años anteriores producto de las reconstrucciones viales y peatonales.

Posteriormente se procedió a cartografiar los segmentos con presencia de erosión de acuerdo a una escala de clasificación basada en los impactos generados en la línea de costa y los antecedentes de cada punto, para lo cual se utilizó un registro histórico fotográfico construido con las diferentes fuentes de estudios realizados en la costa y de esta manera presentar su evolución sin obviar los procesos erosivos antecedentes y cartografiar los segmentos actuales con presencia de procesos erosivos costeros.

2.3.3. *Diagnóstico por componentes*

2.3.3.1. Diagnóstico del estado actual del componente físico

El componente físico fue caracterizado partir de la revisión bibliográfica de la información existente tanto para el Caribe colombiano, como específicamente para el Archipiélago. Adicionalmente se complementó la misma por medio de levantamientos de información en campo recopilados a lo largo de los años y para la vigencia correspondiente al desarrollo del proyecto. Se revisaron e integró la literatura existente y generada principalmente por el INVEMAR en conjunto con textos del IDEAM, CIOH, CORALINA y Gobernación Departamental.

El tema de calidad ambiental desarrolló principalmente con información secundaria obtenida de diversas fuentes como CORALINA, INVEMAR, PROACTIVA y Gobernación Departamental, y consistió en hacer su revisión y actualización con información más reciente.

La revisión de la geomorfología costera de las islas se realizó en base a la cartografía preliminar del INVEMAR, en complementación con algunos aspectos descriptivos presentados en la cartografía realizada por el IGAC, luego de ello se realizó un chequeo de campo en el año 2013 con el fin de determinar limites específicos de algunas unidades, presencia o no de depósitos de arena o playas, "beach rocks", depósitos de tormenta y afloramientos locales del borde arrecifal costero no presentes en las anteriores cartografías producto de su exposición temporal.

2.3.3.2. Diagnóstico del estado actual del componente biótico

La caracterización de este componente consistió en la descripción y análisis de cobertura de la tierra actual para el área de estudio, así como de los ecosistemas costeros estratégicos. La información de cobertura provino de un estudio previo realizado a partir de interpretación visual de imágenes de satélite de alta resolución que aplicó la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010b) usando esta misma leyenda (ver página 70). Los ecosistemas fueron descritos y caracterizados en términos de "estado".

Reconocimiento en campo

Se realizó una visita de campo durante el mes de septiembre de 2013, que consistió en recorridos en las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina; se identificaron los ecosistemas y coberturas de la tierra presentes en el área de estudio y principales problemáticas relacionadas con el ascenso del nivel del mar.

De igual forma se realizaron reuniones técnicas con CORALINA para identificar sectores de interés durante las inspecciones en campo y con la ayuda de productos de teledetección a través del Sistema de Información Ambiental Marina, se identificaron las unidades de paisaje que fueron revisadas en campo teniendo en cuenta la escala de trabajo 1:5.000. De forma complementaria se utilizó el la información del Proyecto de Ordenamiento de manglares para el Archipiélago. La principal característica considerada por el componente biótico fue la identificación de sitios muy

susceptibles a los efectos del ascenso del nivel del mar ANM y la erosión, de acuerdo a la configuración del paisaje de las diferentes islas del departamento.

Toda la información fue analizada y corroborada con información secundaria, con el objetivo de complementar la línea base del componente biótico y de esta forma generar elementos de análisis que se armonizaran de manera eficaz con los componentes geoesférico físico y socioeconómico para la formulación de lineamientos de adaptación ante el ANM en el Archipiélago.

2.3.3.3. Diagnóstico del estado actual del componente socioeconómico

Consistió en la descripción del estado actual de las principales unidades de análisis del subsistema socioeconómico que se describen a continuación.

La población susceptible a los impactos de inundación actual y por ascenso al nivel del mar, así como un grupo de características que configuran las relaciones del territorio. De este modo, se sintetizaron algunos componentes históricos importantes que reconfiguran el territorio, se hizo el análisis de las condiciones actuales en términos de la composición demográfica, las condiciones de vida de la población en donde se analizaron la vivienda y variables que permitieron conocer el nivel de vida de la población.

Se presentaron las características de la producción del Archipiélago, los principales sectores económicos, en términos de aquellos que realizan los mayores aportes al Producto Interno Bruto (PIB).

El estado actual de los distintos subsistemas fue descrito a partir de la configuración de los niveles de sensibilidad, relacionados a distintos niveles de exposición de cada unidad de análisis, para determinar el nivel de vulnerabilidad. Esto indicó que ante los efectos adversos del cambio climático, en particular el aumento del nivel del mar, se traen consigo mayores impactos sobre la población, el sistema económico y ambiental.

2.3.4. Diseño de escenarios

Los escenarios son imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro, y constituyen un instrumento apropiado para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en las emisiones futuras, y para evaluar el margen de incertidumbre de dicho análisis. Los escenarios son de utilidad para el análisis del cambio climático, y en particular para la creación de modelos del clima, para la evaluación de los impactos y para las iniciativas de adaptación y de mitigación. Un escenario contiene necesariamente elementos subjetivos, y se presta a interpretaciones diversas.

Dado que las actuales evidencias de incremento de la temperatura media global y de sus efectos asociados con otras variables climáticas, hacen necesario preparar y explorar vías para una adaptación a los cambios, se requieren proyectar las posibles condiciones futuras y evaluar los impactos potenciales asociados con el calentamiento global. Sin embargo, proyectar en el futuro las variables climáticas no es tarea fácil, debido al grado elevado de incertidumbre asociada con los diferentes factores, tanto físicos como socioeconómicos, que pueden estar generando el calentamiento global.

Esta etapa responde a lo propuesto por el IPCC (2007), así como los estudios locales para Cartagena de Indias (INVEMAR 2011 y 2013) y Santa Marta (INVEMAR, 2010), en los cuales el

enfoque basado en amenazas comienza incorporando posibles cambios en el clima futuro y luego se proyectan condiciones biofísicas y socioeconómicas a partir de estos cambios.

Para este estudio con los escenarios de emisiones GEI del IPCC (2007) como referencia, y la información disponible, se procedió a diseñar los escenarios de inundación a través de herramientas cartográficas y sistemas información geográfico. Para evaluar los impactos del cambio climático se diseñaron dos escenarios para la amenaza por ascenso del nivel del mar.

La definición de los escenarios es producto de la identificación de las tendencias sociales y económicas y de la prospectiva esperada para el área de estudio. En donde se utiliza como fuente la información secundaria obtenida en otras investigaciones, la observación de proyectos o prospectivas hacía algunas zonas y las metas planteadas en el Plan de Desarrollo–local (2012 – 2015) por ejemplo. Con base en lo anterior, a continuación se describen las condiciones que se proyectan para cada escenario.

Las proyecciones se diferencian de las predicciones en que las primeras están basadas en determinados supuestos - por ejemplo, sobre el futuro socioeconómico y tecnológico, que podrían o no cumplirse - y, por consiguiente, adolecen de un grado de incertidumbre considerable. La predicción climática, por su parte, es el resultado de un intento de obtener una estimación de la evolución real del clima en el futuro, por ejemplo a escalas de tiempo estacionales, interanuales o más prolongadas. Como la evolución futura del sistema climático puede ser muy sensible a las condiciones iniciales, estas predicciones suelen ser probabilísticas.

2.3.4.1. Escenario Actual (área de riesgo actual)

El área bajo riesgo actual estará delimitada teniendo en cuenta: porciones de línea de costa identificadas con influencia de erosión, sectores susceptibles a inundación durante eventos de marea alta, marejada o tormentas además de lluvias.

Áreas de riesgo por inundación incluye aquellas áreas que son anegadas por una precipitación pluvial moderada e incluye encharcamiento por deficiencias de drenaje superficial, desbordamiento de corrientes naturales (se incluyen las áreas inundables de los cauces mayores o rondas de los ríos) y de ciénagas si las hay y por alta marea o tormentas.

Áreas en riesgo por erosión: Se incluyen los sectores de la línea de costa que presentan riesgos por amenaza de erosión.

Modelo de inundación actual

La generación del área de inundación actual consistió en la representación de las amenazas evaluadas en el estudio, como fueron la inundación por ascenso del nivel del mar y por eventos extremos como lluvias torrenciales o mares de leva.

Para la elaboración del área de inundación actual se utilizó información de distintos proyectos y entidades, las cuales, entre el 2011 y 2012 hicieron diagnósticos con ayuda de la comunidad sobre las áreas más susceptibles de inundación.

De estos proyectos se escogieron las capas "Humedales intervenidos y zonas susceptibles de inundación" (CORALINA, 2011) y la capa "Sectores inundables" extraída del Plan de Alcantarillado Pluvial, las cuales se unieron con la herramienta "Union" del Toolbox de ArcGIS.

También de acuerdo con la cobertura del ecosistema manglar, se creó una zona de amortiguamiento de 1 metro alrededor de cada polígono con la herramienta "Buffer" del Toolbox de ArcGIS, generando un campo para estas llamado "Inundación natural del ecosistema".

Al unir todas las capas, conformaron una sola con la columna de "Causas de inundación actual" donde se especifica por cual fenómeno ocurre la inundación, creándose de este modo el área de inundación actual que fue utilizada para el diagnóstico de amenaza de las dos islas (Figura 5 y Figura 6).

El área bajo riesgo actual fue se discriminó así:

Áreas de riesgo por inundación - hace referencia a aquellas áreas que son anegadas por:

- precipitación pluvial moderada
- desbordamiento por eventos de marea alta, marejada o tormentas
- encharcamiento por deficiencias de drenaje superficial

Áreas en riesgo por erosión: se incluyen los sectores de la línea de costa que presentan riesgos por amenaza de erosión.

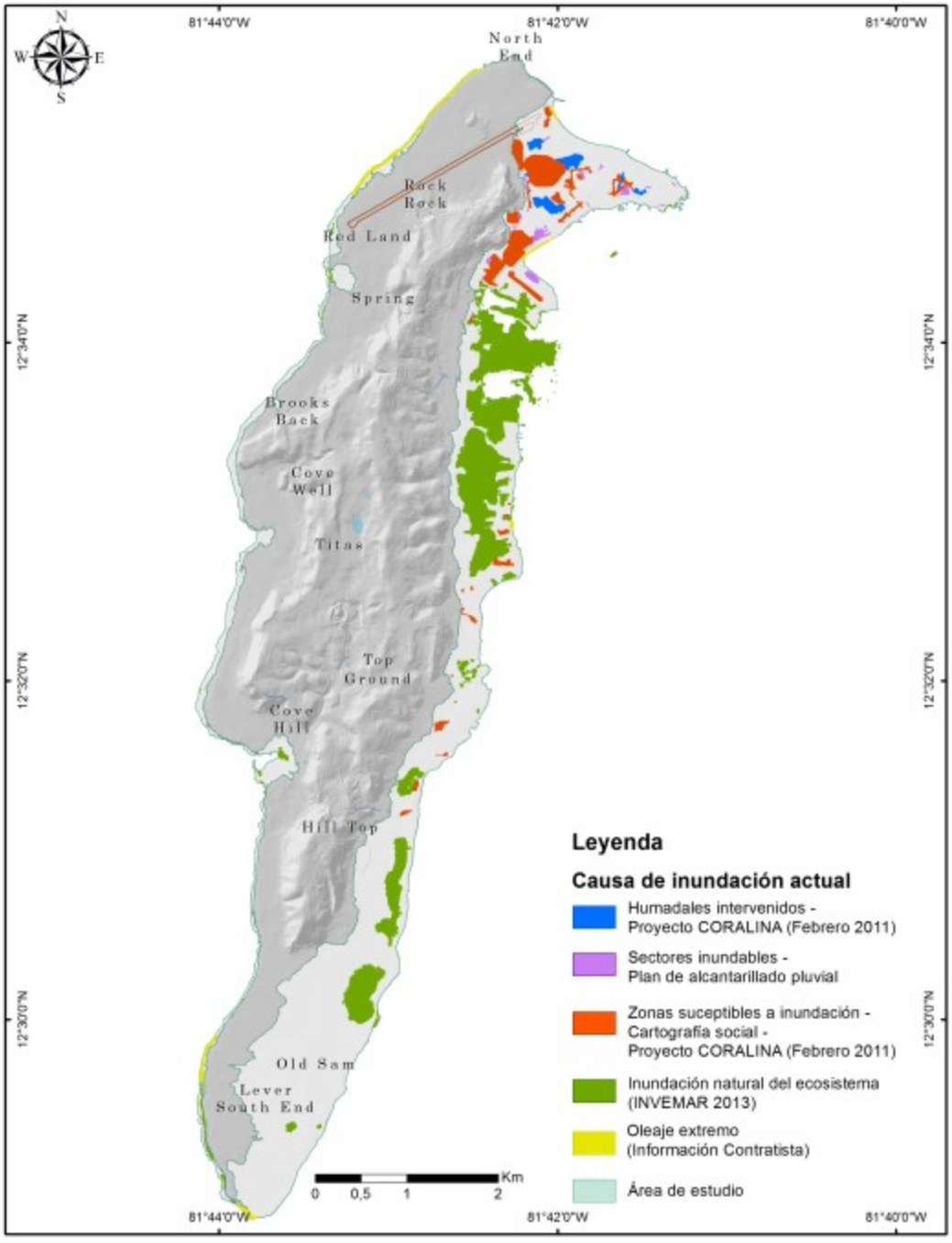


Figura 5. Área de inundación para el escenario actual en la isla de San Andrés.

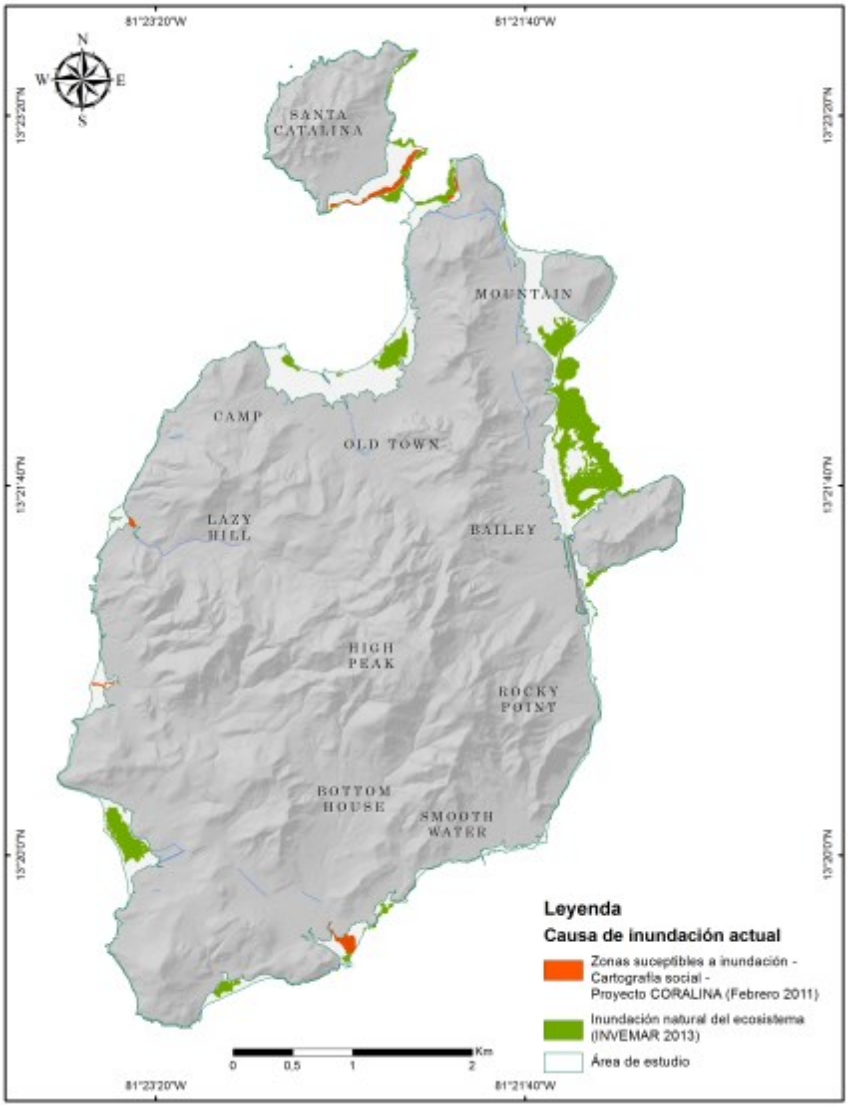


Figura 6. Área de inundación para el escenario actual en las islas de Providencia y Santa Catalina.

Esta línea posteriormente, fue revisada desde el componente físico teniendo en cuenta la geomorfología de cada isla, las áreas reconocidas de inundación habitual por encharcamiento luego de lluvias y por el registro histórico que el experto del componente físico logró compilar.

El área de inundación para el escenario actual tiene una extensión de 291,13 ha que corresponde al 31% del área de estudio y al 6% de la superficie de las islas. Para San Andrés el área de inundación actual corresponde al 25% (231,3 ha) del área de estudio de la isla y al 8,6% de la superficie total de la isla. Para Providencia y Santa Catalina, el área de inundación actual corresponde al 31% (59,9 ha) del área de estudio en estas islas, y al 3% de su superficie total.

2.3.4.2. Escenario futuro

Debido a cambios en la capacidad de observación, hay un nivel de confianza bajo sobre cualquier aumento a largo plazo (es decir, 40 años o más) en la predicción o proyecciones de variables en torno al cambio climático. Se optó por fijar como periodo de tiempo a futuro el año 2040, para mantener un nivel de confianza aceptable en las predicciones realizadas en los escenarios futuros propuestos.

Los escenarios futuros planteados en esta investigación fueron enfocados para conocer los posibles impactos del cambio climático frente a dos opciones; la primera caracterizada por la realización de acciones que permitan aumentar la capacidad de adaptación de la sociedad llamado escenario optimista, y la segunda llamada escenario pesimista, está caracterizada por que las condiciones actuales se mantienen, mientras, en los dos escenarios se presenta el aumento del nivel del mar. De este modo, podemos observar respuestas diferentes frente a la amenaza climática analizada.

Modelo de inundación de escenario futuro

De acuerdo con la definición de INVEMAR (2003), se conocen como áreas bajo riesgo de inundación, aquellas áreas que son anegadas durante eventos extraordinarios como fenómenos asociados al periodo de precipitaciones en los que se incluyen cambios estacionales (lluvias intensas, crecientes poco frecuentes, avalanchas) y algunos otros fenómenos que causan aumentos anómalos del nivel medio del mar.

En el Archipiélago, los fenómenos de mal tiempo que causan aumentos súbitos del nivel del mar y que causan inundación en la zona costera son: marejadas, mares de leva, oleajes peligrosos, tormentas, vendavales (mangas), entre otros, cuyos efectos son más fuertes en las zonas bajas y áreas susceptibles a procesos erosivos (geoformas bajas como playas y pantanos de manglar principalmente).

A partir de lo anterior, el modelo cartográfico de inundación se definió tomando en cuenta los sectores de la línea de costa del área de estudio que se inundan de acuerdo al conocimiento local junto con la información sobre el tipo de geoforma y la cobertura de ecosistemas inundables (manglar). Según esto, las áreas susceptibles a la inundación incluyen todas las posibles causas que generan las inundaciones, dentro de las cuales se cuentan las siguientes:

- Encharcamiento por mal tiempo: eventos de lluvias intensas, vendavales y tormentas intensas sobre áreas planas.
- Encharcamiento por ocurrencia de eventos extremos marinos: mar de leva, oleaje extremal.
- Áreas de manglar bajas y expuestas a la influencia directa del oleaje.
- Geoformas bajas que son susceptibles a la inundación por fenómenos climáticos.

Para este escenario pesimista se tomó como referencia el nivel de inundación proyectado al año 2040. El nivel de inundación base (altura) correspondió al derivado de las mediciones del mareógrafo del puerto de Cristóbal (Colón) en Panamá, con una tendencia calculada de 2,3 mm/año sobre la serie de datos de 40 años (IDEAM, 2010a). Es decir al año 2040 habrá un nivel del mar a 5,98 cm de altura a partir del nivel del escenario actual planteado (Figura 7, Figura 8).

Para la generación del modelo de inundación del escenario futuro fue decisivo contar con puntos de elevación o curvas de nivel con un buen detalle, los cuales permitieran generar modelo digital de detalle o escala adecuada de la que se pueda extraer una línea de inundación tanto base como proyectada a la temporalidad establecida (2040).

De la GDB del IGAC suministrada para las islas, se obtuvieron curvas de nivel a cada 2 metros de altura así como puntos con aceptable nivel de detalle (Figura 7). Con estas capas se aplicó una interpolación de puntos y líneas cuyos valores de elevación concordaran. Para esto se aplicó el algoritmo del interpolación "*Topo to Raster*" que ofrece el módulo *Toolbox* de *ArcGIS*, el cual permitió generar un nuevo modelo de sombras (superficie) en formato *raster*. A partir de este último, se generaron, de nuevo curvas de nivel cada metro de altura usando la herramienta "contorno". De estas fue seleccionada aquella de altura 5,9 metros, como el límite de inundación al 2040 (Figura 8 y Figura 9).

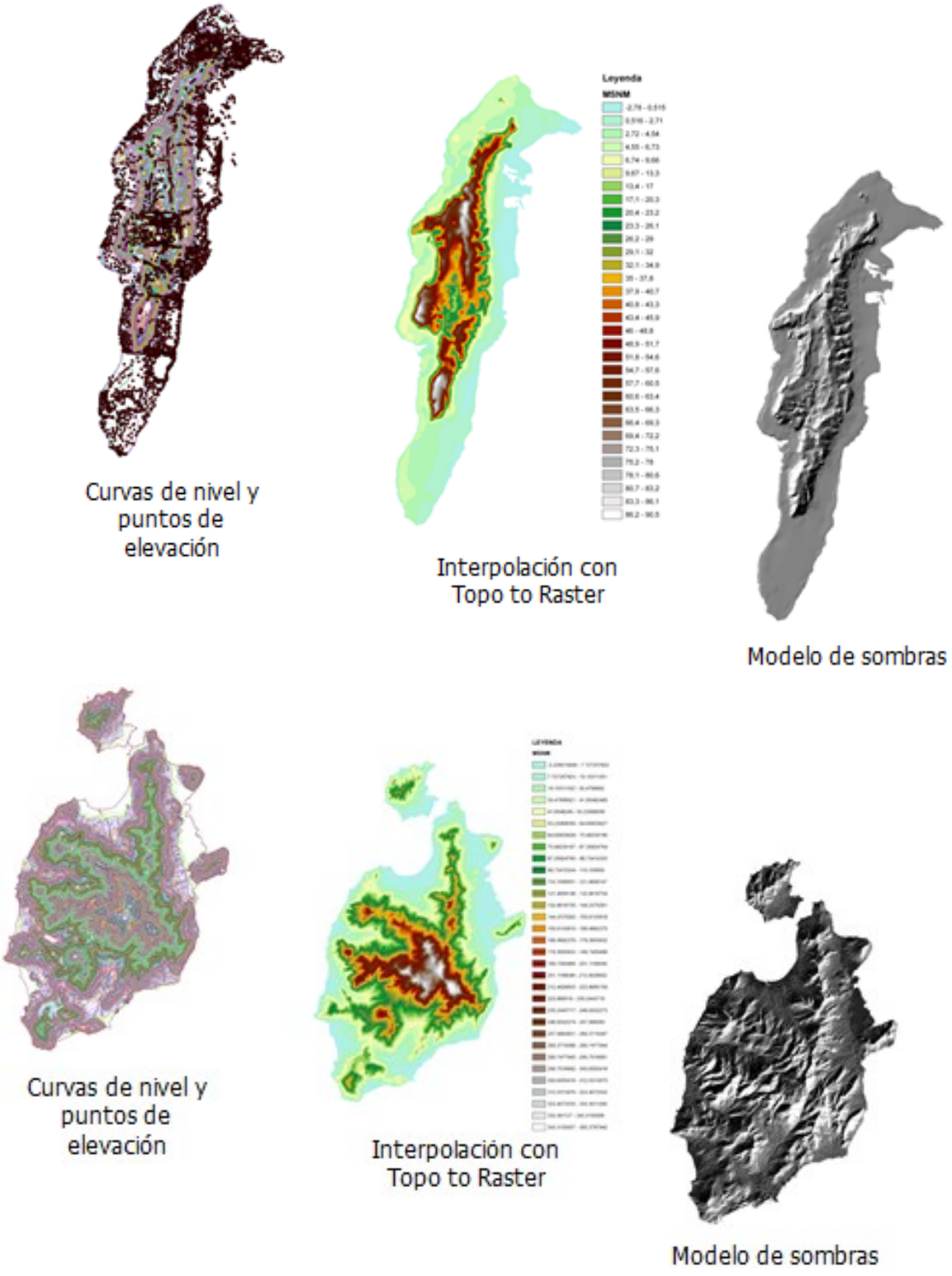


Figura 7. Procesamiento del modelo de inundación para San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

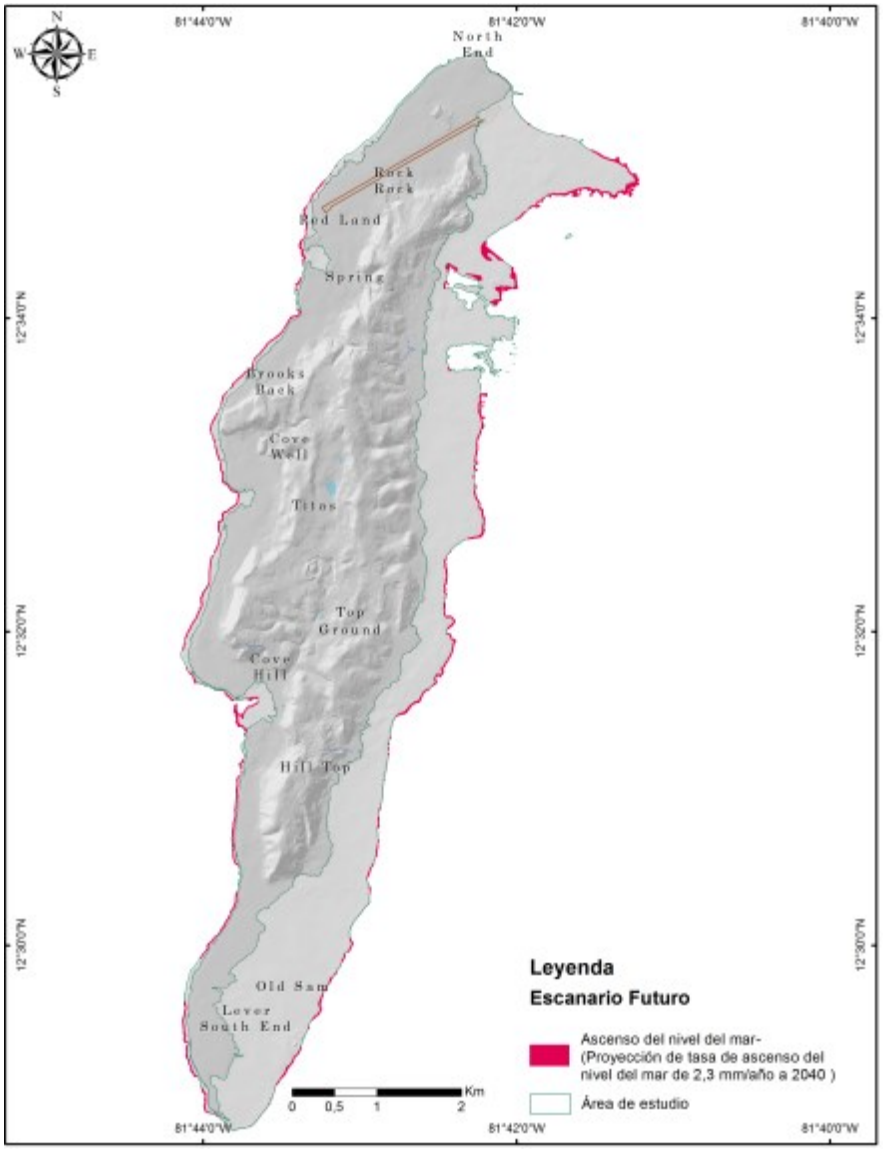


Figura 8. Área de inundación por ascenso del nivel del mar para el escenario futuro al año 2014 en la isla de San Andrés.

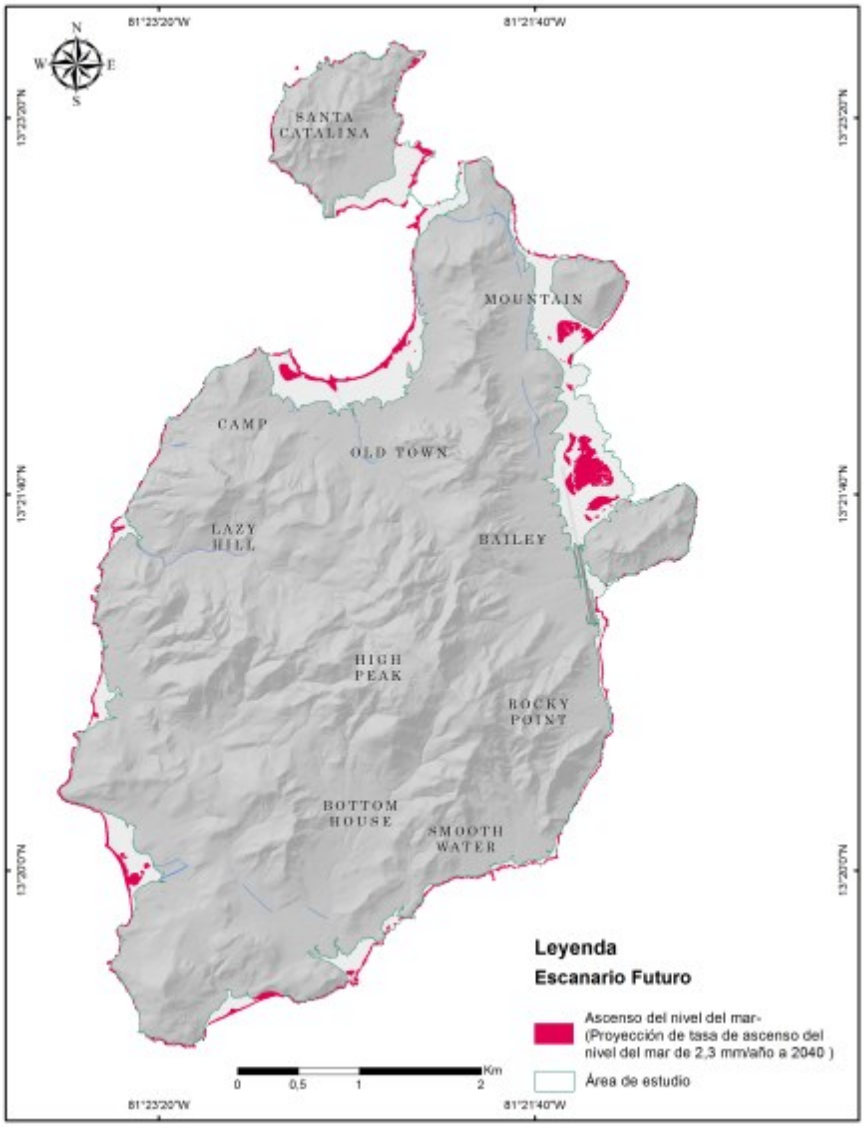


Figura 9. Área de inundación por ascenso del nivel del mar para el escenario futuro a 2040 en las islas de Providencia y Santa Catalina.

Esta línea posteriormente, fue revisada desde el componente físico teniendo en cuenta la geomorfología de cada isla.

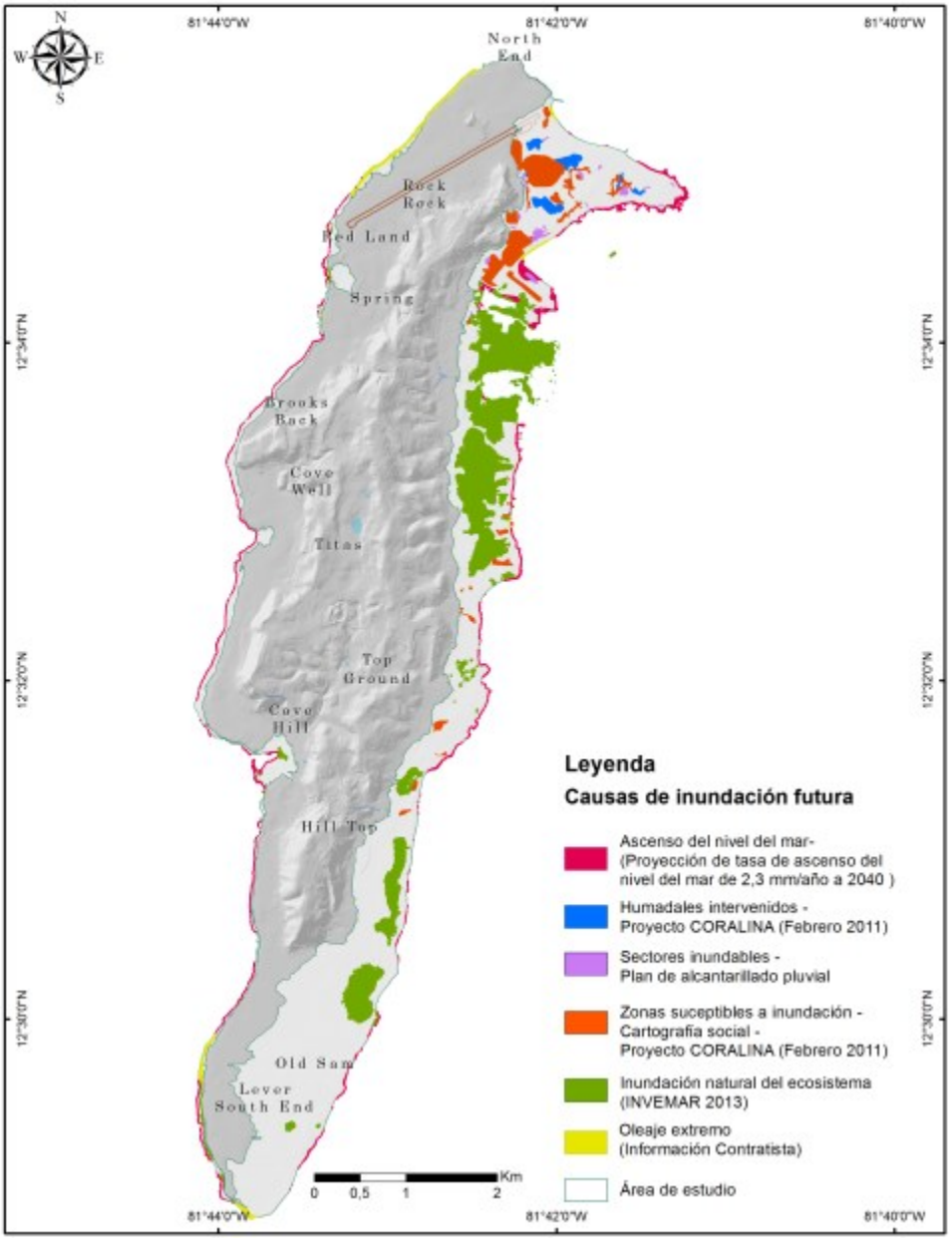


Figura 10. Área de inundación total para el escenario futuro al año 2014 en la isla de San Andrés.

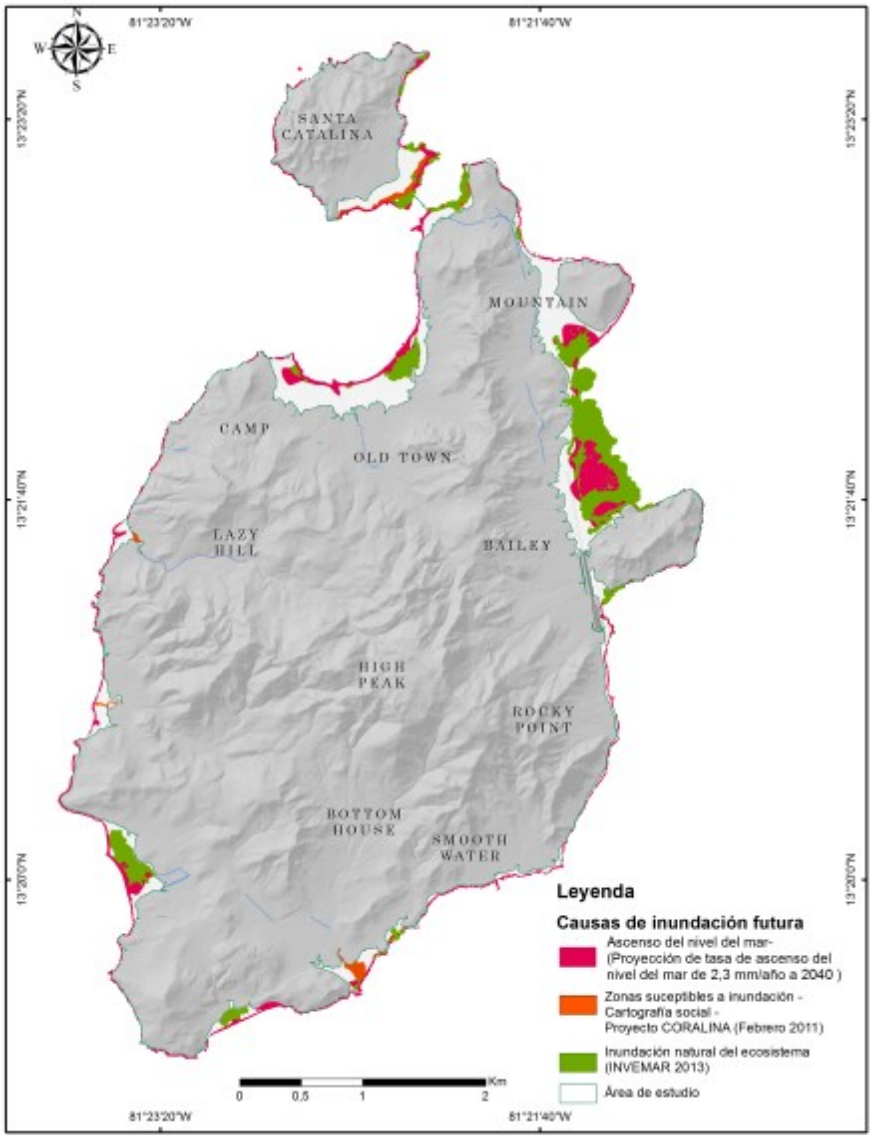


Figura 11. Área de inundación total para el escenario futuro en las islas de Providencia y Santa Catalina.

Así, para el escenario a 2040, el área de inundación tiene una extensión de 319 ha que corresponde al 34% del área de estudio y al 7% de la superficie de las islas. Para San Andrés el área de inundación futura corresponde al 26% (240,3 ha) del área de estudio de la isla y al 9% de la superficie total de la isla. Para Providencia y Santa Catalina, el área de inundación futura corresponde al 40% (78,7) del área de estudio en estas islas, y al 4% de su superficie total.

Condiciones socioeconómicas de los escenarios

Para la construcción de los escenarios socioeconómicos se plantean cambios en los componentes vulnerables teniendo en cuenta su exposición, y sensibilidad socioeconómica, a partir de allí se plantean dos escenarios; uno optimista que busca conocer ¿cuáles serán los impactos de la inundación en el 2040 si aplicamos medidas de adaptación?, el segundo escenario es el pesimista

que busca conocer ¿cuáles serán los impactos de la inundación en el 2040 si no hacemos nada? (Figura 12).

El resultado final en cada uno de los escenarios es la calificación de distintos niveles de vulnerabilidad en el territorio ante las diferentes prospectivas planteadas, lo que finalmente, se materializa en la cualificación y cuantificación de los posibles impactos de la inundación por cambio climático frente a los escenarios considerados.

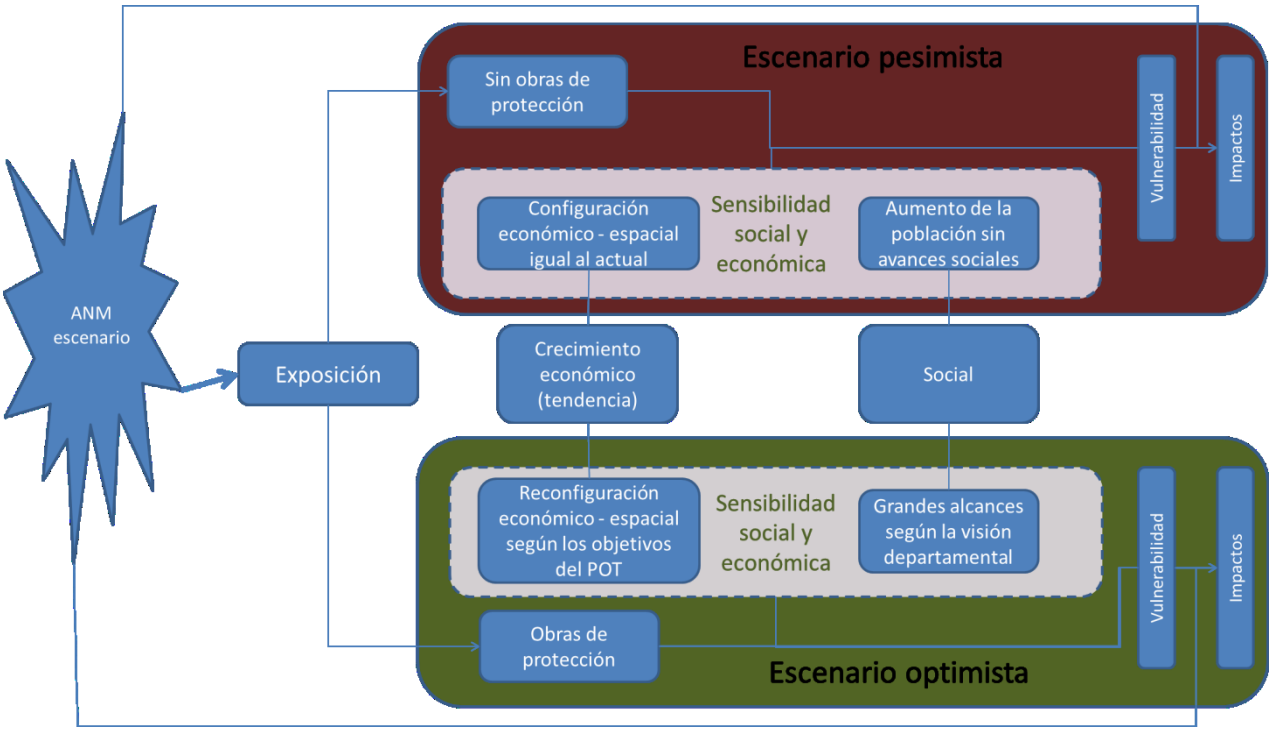


Figura 12. Componentes de los escenarios socioeconómicos para el año 2040.

Escenario futuro optimista (E1)

El escenario futuro a 2040 optimista E1 corresponde a una situación supuesta en la que las amenazas por ANM analizadas desde el escenario actual son efectivamente tomadas en cuenta por tanto se logran acciones para reducir la exposición de la población a ellas, así como también de los ecosistemas o de sus bienes y servicios ambientales, por tanto se supone la implementación políticas y planes que incluyen medidas exitosas de adaptación.

Condiciones bióticas en el escenario optimista (E1)

Potencial de Retroceso

Para determinar el retroceso y/o migración de los manglares ante el aumento del nivel del mar, se recurrió a utilizar la metodología expuesta por Doyle *et al.* (2010), que está basada en el área

del manglar y el rango de marea. Brinda una aproximación de la respuesta que tienen los ecosistemas de manglar ante un efecto del cambio climático como el aumento de nivel del mar.

El potencial de retroceso hace referencia al área que retrocede el manglar hacia el interior de la costa ante el aumento del nivel del mar.

Para determinar este indicador se tiene en cuenta el área de retroceso de manglar y el grado en el que ese retroceso puede ser bloqueado o no por las condiciones adyacentes al ecosistema.

Para obtener el área de retroceso (Y) del bosque de manglar se aplica la siguiente fórmula (Doyle *et al.,* 2010):

$$Y = X * \frac{Z1}{Z2}$$

Dónde:

X: Área total de hábitat de manglar

Z1: Cambio en el nivel del mar proyectado

Z2: Régimen de mareas local

El resultado de la fórmula estima el área (ha) que puede retroceder el manglar de acuerdo a las variables mencionadas anteriormente.

El área de retroceso de cada de manglar es proporcional a su área original, y se calcula según el área total de manglar de una determinada área. Los valores se convierten en porcentajes y se establecen tres niveles de área de retroceso:

Retroceso Alto: Cuando es mayor al 50% de su área original

Retroceso Medio: Cuando está entre el 25 y el 50% de su área original

Retroceso Bajo: Cuando está entre el 0 y el 24% de su área original

El grado en el que el retroceso del manglar puede ser o no bloqueado está determinado por las condiciones físicas alrededor del mismo, para lo cual se tiene en cuenta las coberturas asociadas a infraestructura (instalaciones habitacionales, vacacionales y recreativas) que puedan representar un obstáculo para la migración del manglar hacia el interior de la costa. De acuerdo a esto, el bloqueo se puede dar de tres formas:

Bloqueo Alto: Cuando del 50 al 100% del área del manglar está bloqueada.

Bloqueo Medio: Cuando del 25 al 50% del área del manglar está bloqueada.

Bloqueo Bajo: Cuando no más del 25% del área del manglar está bloqueada.

Manglares: Porcentaje de pérdida de manglar menor al 10%
Retroceso de manglar con área de crecimiento
No más del 25% del área del manglar está bloqueada.

Condiciones socioeconómicas en el escenario optimista (E1)

Exposición

En este escenario se prospecta la puesta en marcha de obras de protección que logran disminuir los niveles de exposición de los sistemas expuestos, y con ello mitigar los impactos del cambio climático. Las obras seleccionadas corresponden a aquellas identificadas prioritarias por el gobierno departamental con un alto impacto en el territorio, son considerados obras de mitigación relacionadas con la preservación de ecosistemas que llevan a aumentar la resiliencia de los sistemas, principalmente los ecosistemas de manglar.

Sensibilidad social y económica

En el componente de sensibilidad social se prospecta un crecimiento moderado de la población, con grandes alcances en términos de desarrollo social, de acuerdo al enfoque planteado en la visión de los planes de desarrollo departamental y municipal, obteniendo como resultado la disminución de la sensibilidad social de la población.

El componente de sensibilidad económica se proyecta un crecimiento económico que se mantiene según la tendencia desde el año 2005, y que se prospecta como un crecimiento económico ordenado y planificado, en donde se reconfigura el territorio siguiendo los lineamientos y usos del suelo del POT vigente.

Escenario futuro pesimista (E2)

En este escenario, también a 2040, no se realiza implementación alguna de medidas de adaptación y no se llevan a cabo cambios en las políticas y la situación actual desmejora.

El modelo de inundación para este escenario corresponde físicamente a la misma línea de inundación del escenario optimista. Las diferencias con el escenario optimista radican en las premisas y supuestos de tipo biótico y socioeconómico.

Condiciones bióticas en el escenario pesimista (E2)

Para **Manglares** las condiciones corresponden a:

- Porcentaje de pérdida de manglar mayor al 40%
- Retroceso de manglar con área de crecimiento urbana hacia el mar.
- Es un bosque en peligro de perderse.

Condiciones socioeconómicas en el escenario pesimista (E2)

Exposición

En el E2 no se prospecta la puesta en marcha de obras que permitan la disminución de los efectos del cambio climático, es decir, que serían las condiciones en el caso en el que no se haga nada en materia de mitigación de los efectos.

Sensibilidad social y económica

En el componente de sensibilidad social se prospecta un crecimiento acelerado de la población, sin o con pocos avances en términos de desarrollo social, que lleva a que se desmejoren las condiciones de vida de la población y como resultado la población aumenta o mantiene la sensibilidad social actual.

El componente de sensibilidad económica se proyecta un crecimiento económico que se mantiene según la tendencia desde el año 2005, y que se prospecta como un crecimiento económico que espacialmente se distribuye en las mismas condiciones a las actuales, en donde se configura el territorio de la misma forma como se hace actualmente

2.3.5. *Evaluación de la vulnerabilidad (actual y futura)*

La evaluación de vulnerabilidad actual, incluye el estudio de las condiciones actuales del sistema (paisaje), así como las amenazas que determinan el escenario "actual" bajo el cual estas condiciones están dadas, todo dentro del área de riesgo actual.

Condiciones actuales del sistema: amenazas que determinan ln escenario de riesgo actual y la definición del área de riesgo actual. La evaluación de los riesgos bajo el clima actual se basa en las amenazas actuales y los posibles daños o pérdidas económicas (PNUD, 2005).

Se determinaron las condiciones biofísicas y socioeconómicas actuales, que caracterizan el tipo de respuesta frente a las amenazas climáticas.

2.3.5.1. *Vulnerabilidad del componente físico*

Para el escenario actual se determinaron las condiciones físicas del momento que caracterizan el impacto de las amenazas previamente identificadas.

Para el escenario futuro, se estimaron los impactos de la erosión costera sobre el escenario de incremento del nivel del mar, mediante una reclasificación cualitativa de las áreas con evidencias de erosión identificadas en el escenario actual, trasladas a las áreas con mayor afectación por el incremento del nivel del mar proyectado para el año 2014.

En este sentido algunas zonas conservaron su connotación actual y otras incrementaron su nivel de erosión producto de los efectos que traería consigo el contacto del nivel del mar con el borde costero.

Para efectos de la estimación de los impactos de incremento del nivel del mar, se realizó la revisión bibliográfica de modelaciones numéricas existentes para los acuíferos de la isla de San Andrés, en el marco del Proyecto INAP, por medio del cual se plantearon diversos escenarios de cambio climático a modelar de acuerdo a las tenencias mundiales y registros locales de variables climatológicas, hidrogeológicas y del nivel del mar.

El espectro de modelación abarca un periodo de 12 años, el cual corresponde principalmente a la longitud de los datos para realizar la calibración (2 años), con estimaciones hasta el año 2022, por lo cual se evaluó la posibilidad de alimentar y correr nuevamente dichos modelos y poder de esta manera obtener un espectro más amplio, sin embargo de acuerdo a los criterios del mismo documento, la información disponible aún no es suficiente en términos de longitud de registros

para correr nuevamente el modelo, junto con la alimentación de nuevos datos específicos que permitan refinar los resultados, ya que sería necesario contar con al menos cuatro a cinco años de información continua de pozos de explotación en periodos con características similares a las utilizadas en el proceso de calibración, a partir del año de generación del modelo (2010), con el fin de ampliar el espectro de calibración.

2.3.5.2. Vulnerabilidad biótica

Para la evaluación de la vulnerabilidad en el ámbito biótico, se hizo una revisión de la información base actualizada existente para el Archipiélago con el fin de detectar vacíos de información y complementarla con la salida de campo. Posteriormente se describió el estado actual de los ecosistemas que hacen parte del área de estudio, con el fin de identificar atributos ecológicos clave, estos atributos fueron los componentes críticos que determinaron el funcionamiento de un elemento (procesos físicos, interacciones entre comunidades, hábitat o interacción con otras especies, estructura y composición de un ecosistema, etc.) y se convirtieron en los índices de medición de la vulnerabilidad de los ecosistemas.

A continuación se listan los ecosistemas que hacen parte del área de estudio y las características que son determinantes en su sensibilidad.

Tabla 1. Impactos asociados al ascenso en el nivel del mar.

Impacto del cambio climático	Ecosistemas expuestos	Características que configuran la sensibilidad del sistema
Aumento de la erosión	Manglar	• Zonas núcleo en el marco de la Reserva de Biósfera. • Importante sitio de anidación de aves como la fragata. • Alta presencia de fauna asociada marina como: peces, moluscos. • Protección de la línea de costa contra vientos. Zonas aptas para actividades científicas y de monitoreo. • Retención de sedimentos. Pérdida de la cobertura vegetal. Alta presencia de fauna acuático como garzas, pollas de agua, patos, aves migratorias de bosque (género *Dentroica*), reptiles, rana endémica (*Leptodaptylus insularis*). • Función protectora contra vientos fuertes por la estructura del bosque.
	Laguna costera	
	Playa	
	Humedales	
Inundación de la zona litoral	Manglar	Sustitución de especies de importancia por otras de menor valor para la conservación natural
	Playa	La tendencia más probable será hacia una simplificación de los hábitats naturales, y de la biodiversidad del ecosistema y de las lagunas continentales. Habrá disminución de la biodiversidad, al reducirse la heterogeneidad de hábitat. Asimismo, se incrementarán las posibilidades de que se instalen especies exóticas.
	Vegetación costera	

Para el análisis de la vulnerabilidad actual por inundación se identificaron las causas que se dan en las áreas, diferentes a las provocadas por el ascenso en el nivel del mar:

- Humedales intervenidos: sitios dónde existían humedales que han sido rellenados por las comunidades para expandir sus patios, o hacer construcciones.

- Inundación natural del ecosistema: áreas que están alrededor del manglar y que son susceptibles a inundaciones por las características naturales del ecosistema, para estas áreas se les hizo un búfer aproximando de 1m.
- Sectores inundables: áreas que han sido identificadas en la zona urbana en dónde el sistema de alcantarillado colapsa.
- Zonas susceptibles a inundación: áreas que han sido identificadas en como inundables por lluvias fuertes.
- Tormentas o grandes oleajes
- Mar de leva: sectores que se ven afectados por este fenómeno y puede causar inundaciones.
- Oleaje extremal

Cada una de las causas se cruzó las coberturas presentes, haciendo un especial análisis con los ecosistemas estratégicos (playas, manglares, bosques, litorales). La vulnerabilidad del sistema natural se calculo teniendo en cuenta el área que se vería afectada por un ascenso en el nivel del mar de un metro al año 2100, en relación con el área total de la cobertura actual.

2.3.5.3. Vulnerabilidad socioeconómica e impactos

El análisis de la vulnerabilidad social y económica, consiste en el análisis de la propensión de un sistema a sufrir daños significantes en su estructura como consecuencia de su interacción con una amenaza (Gallopin, 2006). Teniendo en cuenta los componentes de la vulnerabilidad, según el IPCC (2007), que define a la vulnerabilidad en función de la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación, en este trabajo estos componentes son analizados de manera integral, para lo cual se define la forma de medición a continuación.

Unidad de análisis

La unidad de análisis que consiste en el objeto de observación, está definido a través de áreas geográficas, los polígonos utilizados en esta investigación son áreas irregulares que fueron definidas inicialmente para la aplicación del censo (DANE, 2005) dentro del Marco Geoestadístico Nacional, y que resultan de mucha utilidad si se tiene en cuenta que a través de estas áreas estadísticas (que es la malla virtual del DANE) se puede tener información a escala de manzana.

Fuentes de información

En esta investigación se utilizó información secundaria principalmente del censo (DANE, 2005) que permite tener información de la población a nivel de manzana para la cabecera municipal, los centros poblados y para la áreas rurales. Además de información recopilada de trabajos previos desarrollados en el área de estudio y la observación en las salidas de campo.

La medición de la exposición

En la práctica es utilizado para enlazar la amenaza con un sistema impactado, como se observa en el trabajo de ONU (2012) citado por Gallopin (2006), es decir, que representa el grado de duración o extensión en que un sistema esta o es sujeto al contacto con una posible perturbación climática. Para lo cual en este trabajo se identifica la exposición a: porciones de áreas de costa identificadas con influencia del aumento del nivel del mar, las cuales son definidas a continuación.

Exposición al aumento del nivel del mar

La exposición está representada por el área de posible afectación por el aumento del nivel del mar, que son aquellas áreas que pueden ser anegadas. Para la construcción del indicador del grado de exposición de la unidad de análisis se obtuvo el porcentaje del área de inundación para cada polígono, así la exposición (E_x) de cada polígono, es resultado de la relación entre el área inundada (I) en el polígono (x), con el área (A) total del polígono (x).

$$E_x = \frac{I_x}{A_x}$$

Para lo cual se obtienen los porcentajes de afectación de cada uno de los polígonos, a partir de los porcentajes de afectación se construyen los rangos de exposición, para lo cual se tienen 5 rangos: muy baja, baja, media, alta y muy alta, que son elaborados a través de percentiles, los cuales son el número 20, 40, 60 y 80, de igual forma para aquellas áreas que no son afectadas se le asignó la calificación de no afectada (Tabla 2).

Tabla 2. Calificación de la exposición por inundación.

Calificación	Rangos
No afectada	0
Muy baja	2% y menos
Baja	De 2% a 10%
Media	De 10% a 30%
Alta	De 30% a 70%
Muy alta	Más de 70%

La medición de la sensibilidad

La sensibilidad es observada como un atributo inherente al sistema y preexistente a la perturbación del cambio climático, que establece el nivel de transformación que puede ocasionar una perturbación al sistema analizado (Gallopin, 2006). En este contexto, la sensibilidad en esta investigación es observada como la interacción entre las condiciones inherentes a la unidad observada en el sistema y la importancia que representa para el sistema dicha unidad, y que para el enfoque de esta investigación subdivide la sensibilidad del sistema en dos subsistemas así: subsistema social y subsistema económico, de los cuales se obtienen niveles de sensibilidad económica y sensibilidad social para la unidad, pero que después son analizados de manera integrada para conocer los niveles de sensibilidad total para el sistema social y económico.

La capacidad de adaptación, que al igual que la sensibilidad es un atributo preexistente a la perturbación climática, en donde la capacidad de adaptación responde a la habilidad del sistema a ajustarse o hacer frente a las consecuencias que puedan ocurrir (Gallopin, 2006), en el caso de esta investigación, la capacidad de adaptación es analizada dentro de la sensibilidad, como un componente integral puesto que estas dos características se traslapan y presentan limites difusos, pero en donde se puede definir una relación directa entre los dos componentes, permitiendo indicar que la observación de la sensibilidad señala una aproximación de la capacidad de adaptación.

Sensibilidad del subsistema social

La sensibilidad del subsistema social está relacionada con características de pobreza que ocasionan que un hogar sea más sensible a los efectos del cambio climático, para lo cual se obtiene un indicador sintético de condiciones sociales precarias para las unidades analizadas. Estos indicadores se encuentra relacionado con componentes de análisis, así tenemos: i) la relación población con el territorio; ii) capacidades del capital humano; iii) capacidad económica del hogar; y iv) características de la vivienda, los cuales se presentan en la Figura 13.

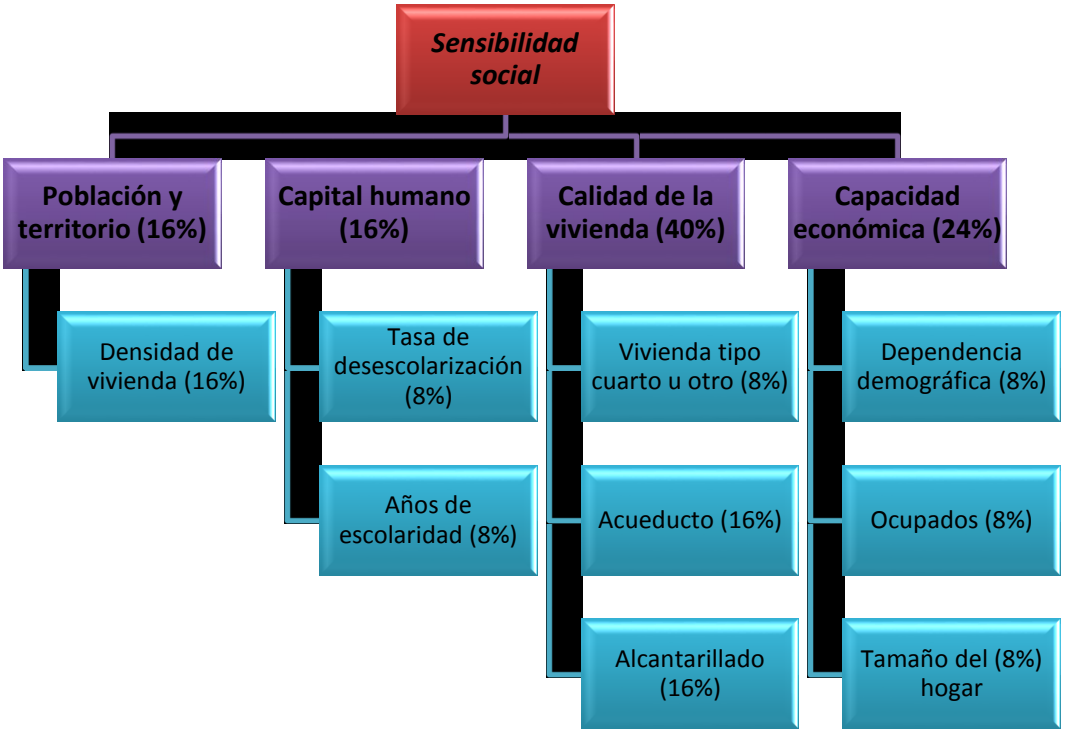


Figura 13. Variables de la sensibilidad social (peso representativo).

Normalización de los datos

Para la integración de estas variables que pueden resultar de distintas magnitudes es necesaria la normalización de los datos. El primer paso para la estandarización de la variable fue la identificación de los valores atípicos, para lo cual se identificaron los valores extremos y se les asigno el mayor valor de los datos excluyendo los atípicos extremos, después de esta transformación se normalizaron los datos a través del método (z-score), donde se calcula la media y la desviación estándar, y se realiza el procedimiento para obtener el valor z (o z-score) así:

$$y_t^i = \frac{x_{t-}^i \bar{x}_t}{\sigma_t^x}$$

Donde; para cada unidad de análisis *i,* el valor obtenido representa la distancia entre el valor de la variable y la media poblacional, expresada en unidades de la desviación estándar (Schuschny & Soto, 2009).

Agregación de las variables y rangos cualitativos de sensibilidad

Para la construcción del indicador sintético se agregan los datos normalizados (X_i) multiplicados por el peso representativo de cada una de las variables ($\dot{n}$). Los pesos representativos fueron asignados teniendo en cuenta la importancia de cada uno de esos indicadores en la definición de la sensibilidad del subsistema social. La sumatoria de los valores estandarizados multiplicados por el peso representativo genera una calificación cuantitativa de la sensibilidad social, en donde valores más altos indican una mayor sensibilidad social del polígono (Tabla 3), así:

$$\sum_{i}^{n} (X_i * \dot{x} + Y_i * \dot{y} + \cdots N_i * \dot{n})$$

Para transformar esta variable cuantitativa en una medida discreta, y poder tener un concepto sobre el nivel de sensibilidad, se subdivide el valor de la variable de sensibilidad numérica en 5 rangos, que son elaborados a partir de la construcción de quintiles. Así, el primer quintil indica una sensibilidad muy baja, el quintil 2 sensibilidad baja, el quintil 3 media, el cuarto alta y el último quintil indica una sensibilidad muy alta.

Sensibilidad del subsistema económico

La sensibilidad del subsistema económico corresponde a la importancia económica que representa la unidad de análisis, esta importancia económica está referida al aporte realizado por cada polígono al PIB, que depende de las actividades económicas que se desarrollan en cada polígono, además de la importancia de la actividad económica en el PIB. De este modo, si estas áreas de importancia económica son impactadas por un evento climático, se ocasionaran las mayores pérdidas en la producción departamental y en su economía. Para la medición de la sensibilidad económica se realizaron los siguientes procedimientos:

a. Identificación de las ramas de actividad que generan mayores aportes al PIB departamental; a partir de las estadísticas departamentales del PIB se identificaron las actividades de mayor importancia.

b. Identificación de los lugares (polígonos) en donde se realizan las actividades económicas y cuantificación de los aportes en la generación del PIB departamental; para conocer donde se genera el PIB, se utilizó toponimia georreferenciada a partir de la cual se identificaron los principales usos en cada polígono (como por ejemplo el uso comercial y el uso de hoteles), y a partir de estos usos se asignó el aporte al PIB de cada unidad de análisis, teniendo en cuenta que existen polígonos en donde se realiza más de una actividad económica, para lo cual eran agregados los aportes al PIB de todas las actividades realizadas en ese lugar.

c. Elaboración de rangos de sensibilidad económica según los aportes en la generación del PIB departamental; teniendo en cuenta la información obtenida en el procedimiento anterior se discretizó el valor obtenido para cada polígono, para lo cual se subdividieron los valores obtenidos en quintiles, en donde:

    - El primer quintil indica una muy baja sensibilidad económica,
    - El segundo baja sensibilidad económica
    - El tercero media sensibilidad económica

- El cuarto alta sensibilidad económica
- el quinto indica sensibilidad económica muy alta.

La medición de la sensibilidad económica no busca ser determinística, busca servir como aproximación para conocer los lugares de mayor importancia económica del departamento, parte del supuesto inicial de que el PIB departamental se genera en el lugar en el cual se encuentran las instalaciones dedicadas a la actividad económica evaluada, por lo tanto, no incorpora en el análisis efectos secundarios del cambio climático, o pérdida de valor agregado departamental por activos intangibles o activos que no son evaluados en la medición del PIB. Para mejorar la precisión de información, estos son evaluados en talleres participativos, en donde la comunidad y organizaciones identifican y verifican los valores de esta variable.

Medición de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad resulta de la interacción entre la exposición y la sensibilidad, en dónde la unidad de análisis brinda información sobre cuales polígonos son más propensos a ser afectados por el aumento del nivel del mar. Para poder hacer un análisis integrador de los subsistemas (económico y social), estos deben ser cruzados para encontrar la sensiblidad total del sistema socioeconómico así:

Tabla 3. Sensibilidad social y económica resultado de la integración de la sensibilidad social y económica.

Calificación		Sensibilidad social				
		Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja
Sensibilidad económica	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
	Alta	Muy alta	Alta	Alta	Alta	Alta
	Media	Muy alta	Alta	Media	Media	Media
	Baja	Muy alta	Alta	Media	Baja	Baja
	Muy baja	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja

Con la sensibilidad total del sistema social y económica (sensibilidad socioeconómica) y al relacionarlos con los niveles de exposición, podemos obtener su vulnerabilidad integrada.

La vulnerabilidad integrada del sistema social y económico es encontrada a través de la relación presentada en la siguiente matriz de la Tabla 4.

Tabla 4. Vulnerabilidad como resultado de la interacción entre las sensibilidades del sistema y la exposición.

		Sensibilidad sistema social y económico				
Exposición	Calificación	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja
	Más de 70%	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media
	De 30% a 70%	Muy alta	Alta	Alta	Media	Baja
	De 10% a 30%	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja
	De 2% a 10%	Alta	Media	Baja	Baja	Muy baja
	2% y menos	Media	Baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja

		Sensibilidad sistema social y económico				
	No afectada	No afectada	No afectada	No afectada	No afectada	No afectada

2.3.6. *Perfil de vulnerabilidad para San Andrés, Providencia y Santa Catalina*

El perfil de vulnerabilidad consiste en una síntesis de las condiciones de vulnerabilidad actual y futura, cuyo análisis es abordado a partir de la discusión sobre el comportamiento del componente social, económico, biótico, y de las amenazas, a través de indicadores identificados como determinantes para la valoración de impactos, es decir, parte del uso de la información cuantitativa como insumo de base para poder llegar un concepto cualitativo y transversal por parte de los distintos sistemas analizados, que permita identificar cuáles, y donde se encuentran localizados los elementos más afectados.

2.3.7. *Componente espacial SIG*

El sistema de gestión de calidad del INVEMAR establece 11 actividades a seguir para la administración de datos y productos cartográficos de un proyecto. Dentro de los cuales está la recopilación de información, modelo y estructuración de datos, análisis espacial, generación de salidas gráficas y metadatos.

El diagrama de la Figura 14 muestra los pasos realizados para llegar a los productos cartográficos requeridos en el proyecto. Estos comenzaron en la fase de insumos, los cuales fueron suministrados por los investigadores de cada componente, proveniente de información secundaria o tomada directamente en campo; después siguen los procesos, que van desde la re proyección y organización de los datos, hasta la creación de plantillas y diseño de los mapas. Por último la entrega de productos, que lo componen principalmente las salidas graficas de las distintas temáticas y la creación de una base de datos espacial Geodatabase (GDB), que funciona como repositorio de modelos de elevación, tablas y archivos georreferenciados, bajo el sistema de coordenadas establecido en el proyecto.

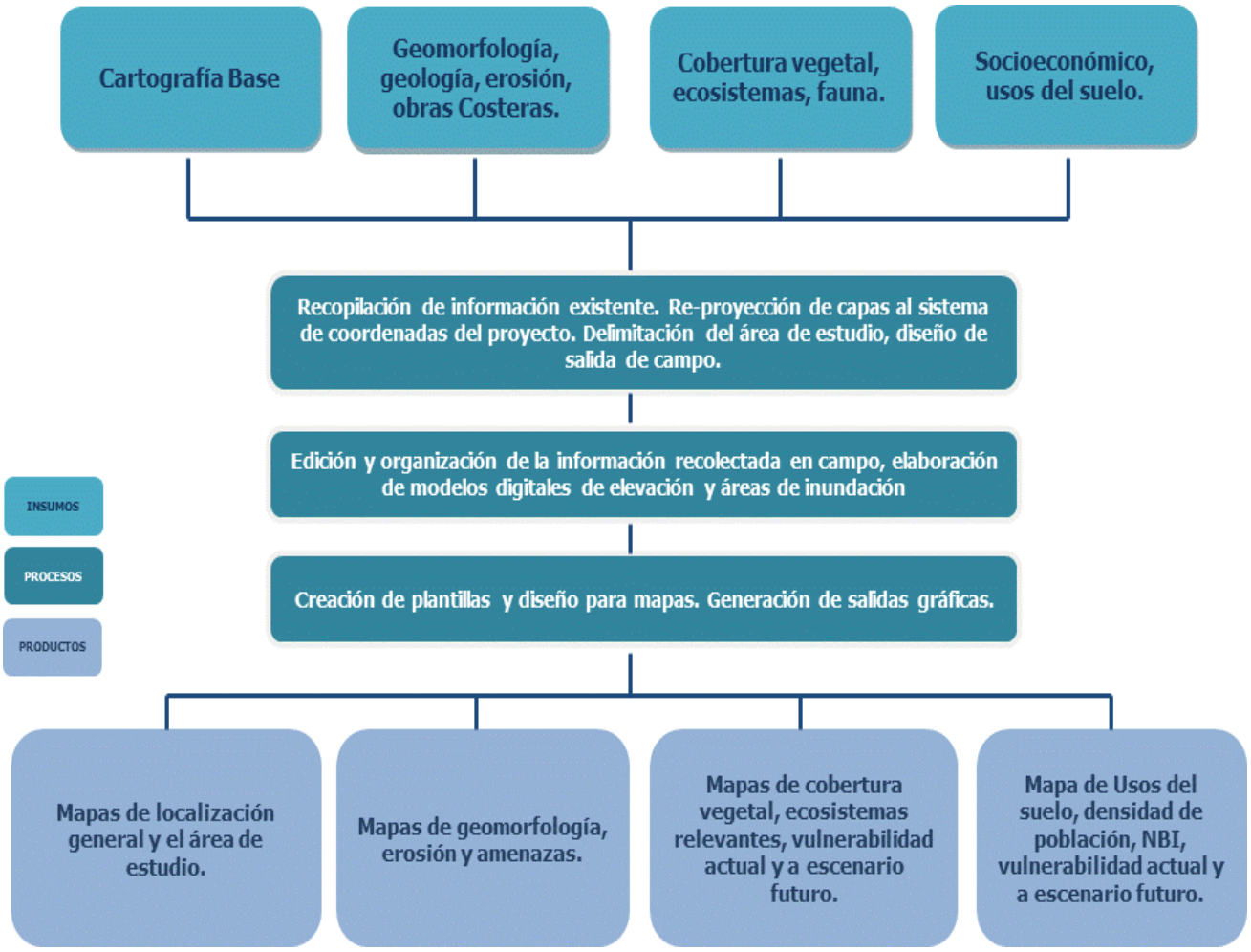


Figura 14. Marco lógico para el procesamiento de imágenes y de cartografía.

2.3.7.1. Parámetros cartográficos.

Configuración de coordenadas.

Después de una revisión de toda la información secundaría recolectada en la primera fase del proyecto, la mayoría de las capas temáticas recolectadas se encuentran en coordenadas geográficas WGS 84, en su mayoría provenientes de la "Atlas de la reserva de biosfera Seaflower" (CORALINA-INVEMAR, 2012).

Las capas de cartografía base suministradas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC para la isla de San Andrés, están en coordenadas planas con origen PCS_MAG_Islas_San_Andres de Datum MAGNA y para la isla de providencia su proyección es PROVIDENCIA con Datum SIRGAS.

Al no tener cambios en los parámetros del esferoide, no hubo transformaciones en el datum del conjunto de datos (temáticos y base) que se encontraban en MAGNA, SIRGAS y WGS84

Para las capas producidas dentro del análisis del proyecto, se utilizó el sistema de proyección MAGNA Colombia Oeste, debido a la necesidad de hacer cálculo de áreas en capas como cobertura, uso del suelo, área de inundación actual y escenario futuro.

Formatos

El manejo de la cartografía base y temática fue representado en archivos vectoriales shapefile (.shp). El uso de imágenes Raster como resultado de interpolaciones y modelos de sombras, se manejó en formato Esri-GRID y Geotiff. Las salidas gráficas para los mapas o gráficos de informes fueron exportadas en formato de imagen PNG o PDF. Estas se hicieron de acuerdo a las plantillas que usa el INVEMAR comúnmente para sus mapas tamaño carta o pliego, predominante en tonos azules y con una organización similar del rotulo al que pide ANLA en su metodología general para la presentación de estudios ambientales.

Cobertura de la tierra

Ante la imposibilidad de interpretar imágenes de satélite recientes (2012 - 2013) con el rigor en campo que estas requieren para su validación, el mapa de cobertura se realizó con base a la reinterpretación de las capas de cobertura de la tierra para las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, cedidas por CORALINA y trabajadas a partir de la interpretación visual sobre fotografías de alta resolución ULTRACAM - IGAC 2008, a escala 1:5.000, con leyenda homologada a la propuesta Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010).

La reinterpretación de cobertura consistió en una serie de procedimientos cartográficos desarrollados en distintos software:

1. Se cortó la capa de coberturas de las islas de acuerdo al área de estudio determinada para el proyecto, con la herramienta "Clip" del Toolbox de ArcGIS.
2. Se diseñó la salida de campo donde se localizaron puntos de muestreo tratando de cubrir el mayor porcentaje del área de estudio.
3. Ya en campo se sincronizó la hora de la cámara fotográfica con la del GPSmap 76CSx para tener una fácil georreferenciación de las fotos.
4. Se visitó cada uno de los puntos de muestreo, tomándose fotografías y anotaciones.
5. Después de campo se georreferenció cada fotografía con el software libre Photomapper sincronizando la hora de las fotos con la hora del track del GPS.
6. El cubrimiento de las fotos y recorridos en campo fue del 80% del área de estudio de las islas, debido a problemas de accesibilidad en zonas de acantilados en Providencia y por mal clima en algunas zonas rurales de San Andrés (Figura 15).
7. Para Providencia en el sector del PNN Old Providence McBean Lagoon, se utilizaron los puntos de muestreo realizados en septiembre y octubre del 2012 en una salida de campo de verificación de ecosistemas del proyecto SAMP (Figura 16).
8. Con ayuda de la imagen del 2010 de Google Earth y lo visto en campo, se re categorizó los polígonos de la interpretación del 2008.

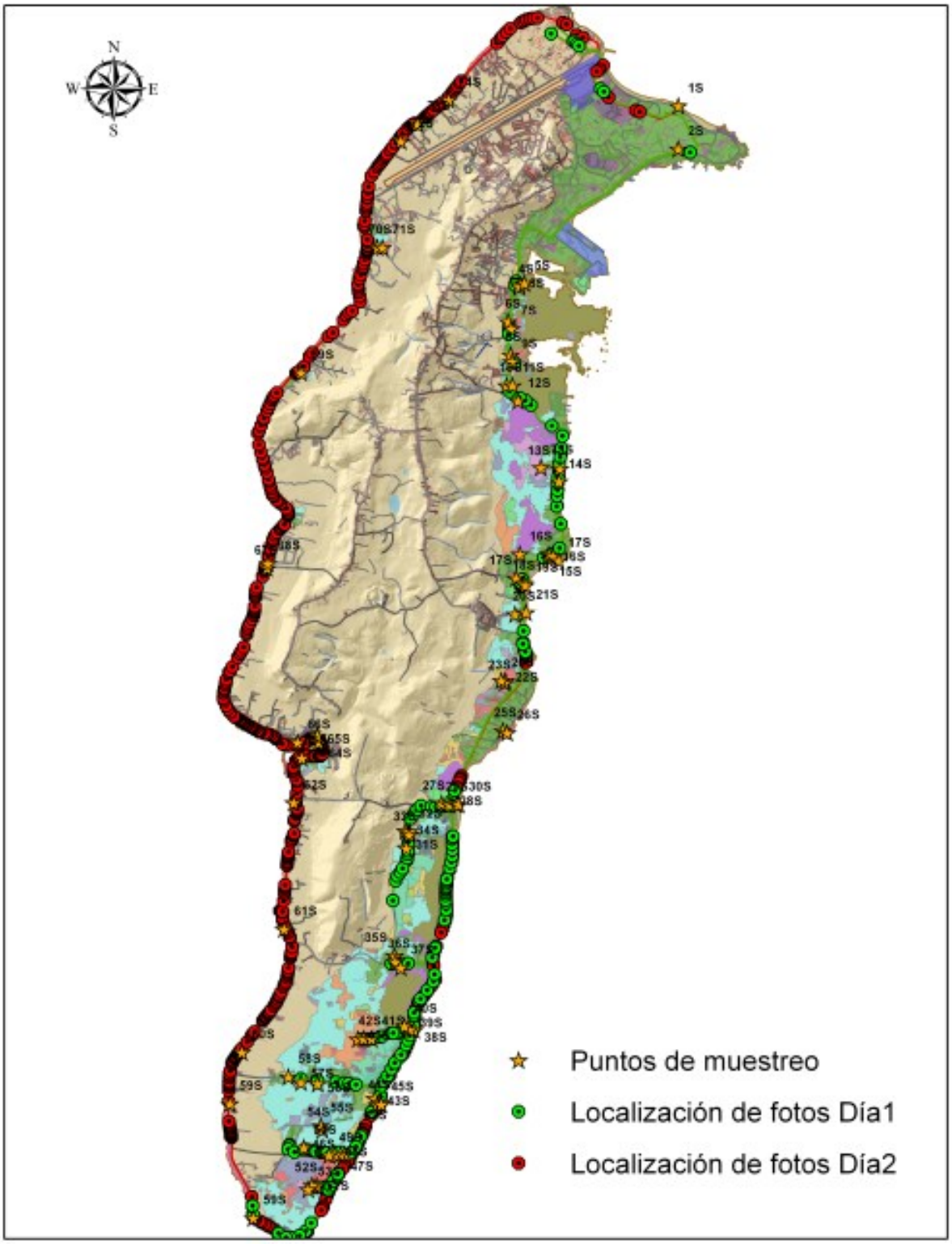


Figura 15. Puntos de recorrido para reconocimiento y verificación en campo en San Andrés.

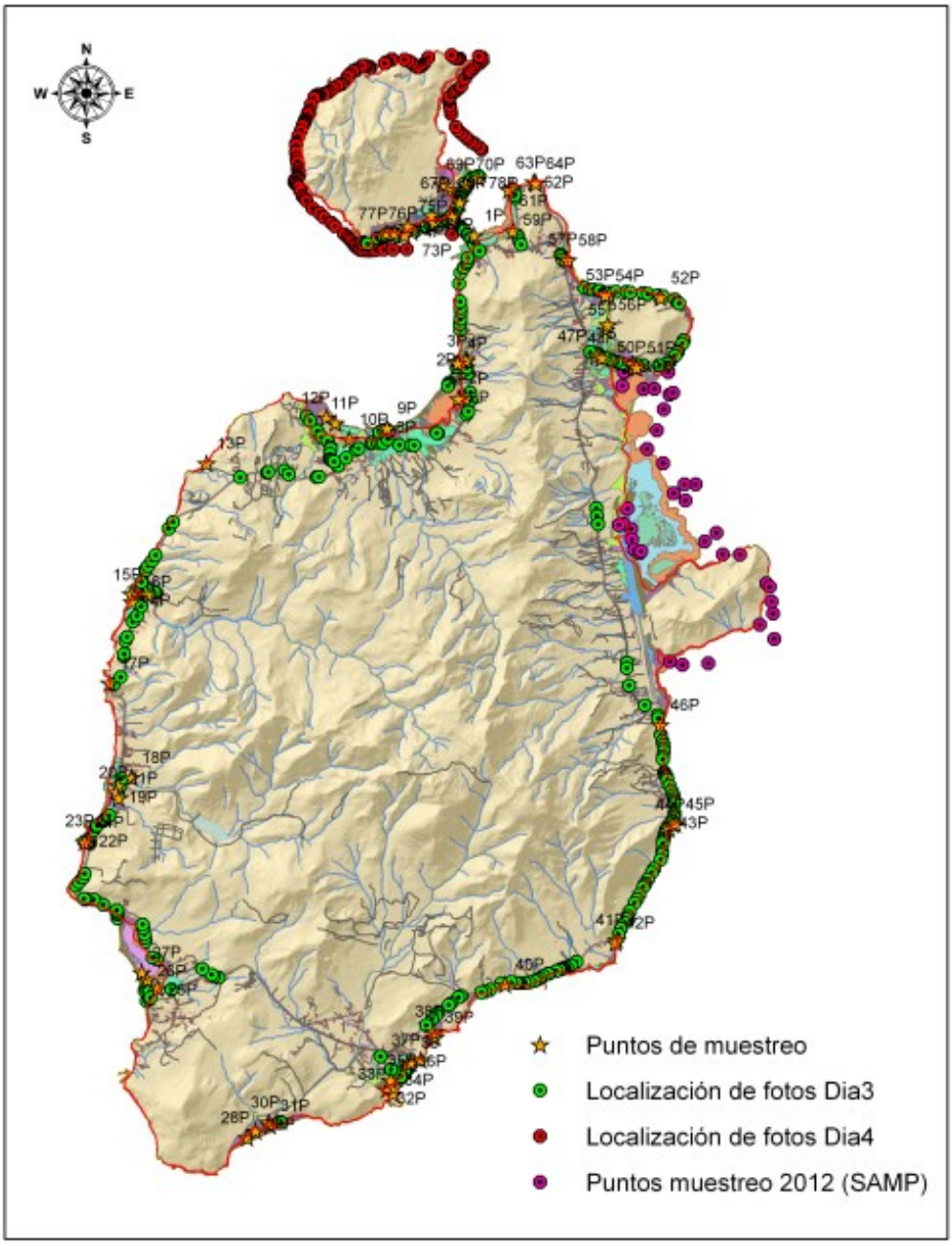


Figura 16. Puntos de recorrido de reconocimiento en campo en Providencia y Santa Catalina.

2.3.8. *Limitaciones de la metodología y formas de interpretación de resultados*

Es pertinente hacer énfasis en la aclaración que el presente estudio aborda la evaluación de la vulnerabilidad desde escenarios de variación del ascenso del nivel de mar ANM y erosión, no incluye supuestos proyectados a partir de escenarios climáticos (temperatura y precipitación), que suelen generarse para estudios de vulnerabilidad al cambio climático. Con esto las conclusiones y recomendaciones corresponden a análisis del cambio climático por ANM y omiten el análisis desde el enfoque de eventos extremos climáticos, por ejemplo. Adicionalmente, se aclara que en el

análisis únicamente se incluyen elementos del paisaje emergido del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, por tanto se excluye la valoración de la vulnerabilidad de ecosistemas y elementos de la porción sumergida el departamento, así como de las los territorios remotos (bajos, cayos e islas).

Los resultados obtenidos con el modelo de inundación por ascenso del nivel del mar propuesto, a pesar de ser un avance significativo para evaluar la vulnerabilidad frente al cambio climático, debe ser tomado como un referente relativo que cambiará y mejorará constantemente, tanto por el avance en los modelos de alta resolución, como por la optimización de la cantidad de información y la reducción de la incertidumbre. Por ello, si bien no se introduce una alteración o variación en el comportamiento de tales condiciones o variables naturales con las que se obtienen los niveles de sensibilidad, se parte del supuesto de unas condiciones inherentes por parte de ecosistemas permanecen en el tiempo.

Así las cosas, en el caso de generarse procesos degradacionales o la alteración del medio o territorio por tensores antrópicos, estos podrían actuar en el sentido de incrementar la vulnerabilidad (sinergismo), para lo cual se esperaría una mayor alteración. En sentido antagónico, según el modelo, la capacidad de adaptación no se mejora para reducir la vulnerabilidad; es decir, se asume una condición en cierta forma equilibrada, entre la forma de incrementar y contrarrestar los efectos adversos.

Con respecto a la interpretación de resultados, es necesario destacar la utilización de variables proxi, especialmente para la capacidad institucional del ente territorial, tal como se explicó. Por consiguiente dicho índice utilizado, deberá ser ajustado y precisado en la medida que se avanza con mejores indicadores o variables que involucren el análisis dela vulnerabilidad frente al cambio climático y/o variabilidad climática, especialmente en los factores no climáticos.

2.3.9. *Inventario y caracterización de actores, planes, políticas y proyectos: Propuesta de lineamientos*

La metodología para el componente de gobernabilidad del proyecto VU-SAI, se abordó desde dos puntos fundamentales: La identificación de los actores, que serán discriminados según su importancia y el estudio de las políticas relacionadas al tema.

El acopio de información primaria se desarrolló por medio de entrevistas informales, que se realizaron tanto a la comunidad a modo de actor social, como a algunas instituciones importantes y por medio de observación de campo.

En cuanto a la recolección de información secundaria se aplicó la estrategia de investigación documental como: exploración de normatividad, libros, artículos, revistas, prensa, portales web, comunicados e informes oficiales, estudios de impacto, informes de análisis, documentos de planificación, o cualquier otro documento que aporte a la temática tratada.

Una vez compilada y catalogada la información, se estudió la incidencia de los actores en el aumento del nivel del mar y se elaboró un análisis de las políticas concernientes.

2.4. AMENAZAS ASOCIADAS A CAMBIO CLIMÁTICO POR ANM EN EL ARCHIPIÉLAGO

La costa Caribe colombiana, ha sufrido desastres naturales a lo largo de los años que han afectado vidas, bienes materiales, cultivos y en general a todos los sectores sociales y económicos, exponiendo a la población al riesgo que se presenta por procesos como inundaciones, remoción en masa, sequías, erosión, entre otras, que tienen un gran impacto en los asentamientos humanos de la zona y sus actividades diarias (Tabla 5).

Tabla 5. Amenazas, causas y efectos presentes en la región Caribe.

Amenazas	Causas	Efectos
Inundaciones	Desborde de río principal	Además de las perdidas en bienes materiales y vidas, se presentan problemas en las actividades económicas, tales como la afectación en cultivos y áreas de pasto para ganadería. También se rompe el balance hídrico del área, generando a su vez, una sustancial disminución de la productividad pesquera al reducirse las migraciones reproductivas y la oferta de nutrición de los peces de importancia comercial
	Encharcamiento por aguas lluvias	
	Aportes laterales de afluentes	
Remoción En Masa	Deslizamientos de tierra	Sepultamiento de viviendas y poblaciones, taponamiento de vías y destrucción de infraestructura, como acueducto, puentes, etc.
	Avalanchas	
	Caídas de rocas	
Erosión	Naturales	Degradación de los suelos, perdida de fertilidad, aumento de la lixiviación en épocas lluviosas, pérdida de la retención de las aguas, ocasionando que muchos arroyos y quebradas no tengan agua en los períodos secos, en tanto que en épocas de lluvias, las capas de materia orgánica expuestas al impacto de estas, sean arrastradas.
	Antrópicas	
Sismos	Sismos Volcánicos	Desplazamiento de poblaciones cercanas a los lugares donde ocurren movimientos sísmicos, destrucción de infraestructura urbana y vial. Migración de fauna
	Sismos Tectónicos	
	Sismos Locales	
Sequia	Desertificación	Se genera una baja productividad de los suelos, disminución de afluentes (agua), perdida de capa vegetal, erosión intensivas, etc.
	Desertización	
Incendios Forestales	Naturales	Disminución de capa vegetal, migración de especies de animales, cambios en los ciclos hidrológicos, incremento del PH en los suelos, aumento de la erosión, aumento en la emisión de gases de efecto invernadero, destrucción de los recursos naturales para el sustento de la población.
	Antrópicas	
Amenazas Antrópicas	Tecnológicos	Disminución de la calidad de vida de la población, afectación en todos los renglones de la economía, contaminación de las aguas, los suelos, el aíre; aumento de los gases de efecto invernadero, etc.

(Fuente: Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2012).

El agravante de estos fenómenos naturales amenazantes que afectan con cierta periodicidad al Caribe Colombiano, se tienen los indicadores sobre algunas evidencias del cambio climático en Colombia, basados en el análisis de las series históricas de la precipitación acumulada diaria y de los extremos diarios de temperatura (mínima y máxima), por otro lado, con base en los registros de la estación mareográfica de Cartagena (Bolívar) se evidencia un ascenso del nivel del mar en el Caribe de aproximadamente 3,5 mm/año. (IDEAM, 2010).

De presentarse para el año 2100 un ascenso del nivel del mar en un metro, la población que se vería afectada estaría por el orden de 1,4 a 1,7 millones de habitantes, equivalentes entre 2 y 3% de la población nacional en ese mismo año; de estos porcentajes, 80% corresponde al Caribe y 20% al Pacífico. Aproximadamente 55% de la población del litoral Caribe estará expuesta a los efectos directos de la inundación marina. De la población afectada, aproximadamente 90% se encuentra localizada en las cabeceras municipales, en tanto que la restante se distribuye en forma dispersa en las áreas rurales.

Con el ascenso del nivel del mar en un metro se podría causar una inundación estimada, mayor del 10% de la isla de San Andrés, representado en áreas de marismas, cordones litorales, rellenos artificiales y algunas terrazas coralinas bajas cubiertas por mangle. En estas áreas se verían afectadas zonas urbanas de uso residencial y comercial, así como el puerto de la isla. En las islas de Providencia y Santa Catalina, el área expuesta a la inundación representa 3,8% del área de las islas, donde se incluyen sectores actualmente ocupados por zonas residenciales, comerciales y públicas, entre las cuales se encuentra el puerto de Providencia.

Históricamente el archipiélago ha sido golpeado directa o indirectamente por diferentes eventos naturales tales como los hidrometeorológicos, principalmente representados por tormentas y huracanes; los expertos en calentamiento global coinciden que la intensidad o el número de las tormentas en el Atlántico podrían aumentar por efectos del incremento de la temperatura superficial de océano (Ortiz, 2007), lo cual y en conjunto con los fenómenos macroclimáticos como el ENOS en sus dos fases extremas El Niño (fase cálida) y La Niña (fase fría), y las variaciones en los ciclos unimodales de la lluvia entre otras variables climatológicas, generarían mayores situaciones de riesgo.

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático en su Cuarto Informe de Evaluación (IPCC, 2007) asegura, con una confianza muy alta, que se incrementarán los riesgos en zonas costeras, entre los que se incluyen aumento acelerado del nivel del mar de 0,2 a 0,6 m o más, para 2100; aumento de la temperatura del aire; aumento de la temperatura superficial marina de 1 a 3 ºC en el futuro; aumento de la intensidad de los ciclones tropicales y extra-tropicales; mayores oleajes con olas extremas y tormentas; modificación de las tasas de precipitación y escorrentía y acidificación de los océanos.

En general se esperan aumentos entre 0.48 y 1.06º C en la región Caribe para el periodo 2010-2039 (IPCC, 2007), mientras para la precipitación se esperan cambios entre -14,2% y 13,7% según este mismo organismo.

2.4.1. *Antecedentes de Emergencias y Desastres en el Departamento*

Según la base de datos de la herramienta DESINVENTAR, con un periodo de reporte que va desde 1981 hasta el año 2011, en el departamento archipiélago evidencia una tendencia constante de

los fenómenos hidrometereológicos. En la Figura 17, se puede observar que los dos años con afectación más fuerte por consolidación de eventos, han sido 1988 y 2006 los cuales contaron con mayor presencia de fenómenos de tipo hidrometeorológico (Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2012).

De igual forma en la Figura 18 y Figura 19 se presentan esquemas de la distribución de los eventos más frecuentes en el Archipiélago en el periodo comprendido entre 1980 a 2011 y el número de personas y viviendas afectadas en el departamento.

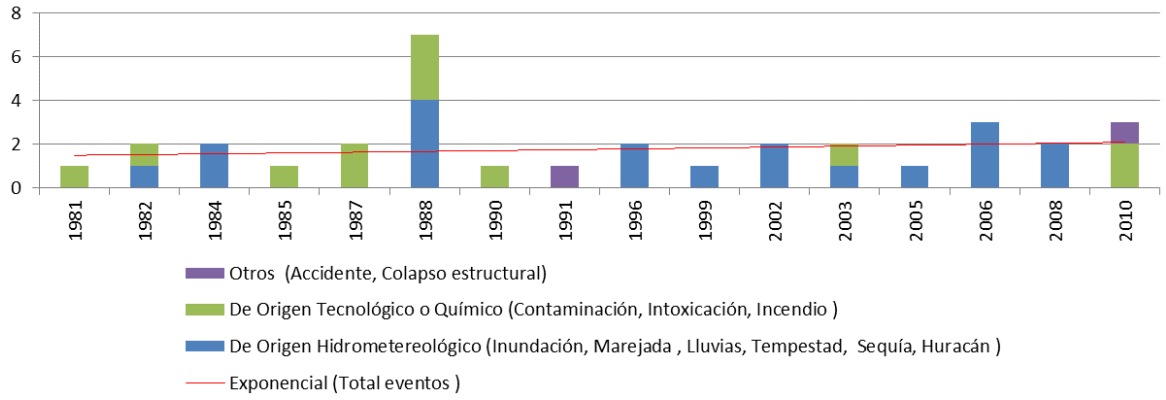


Figura 17. Frecuencia histórica de eventos en el Departamento Archipiélago (1981-2011) (tomado de Desinventar, 2011).

La Figura 18 esquematiza la distribución de los eventos más frecuentes en el Archipiélago en el periodo comprendido entre 1980 a 2011.

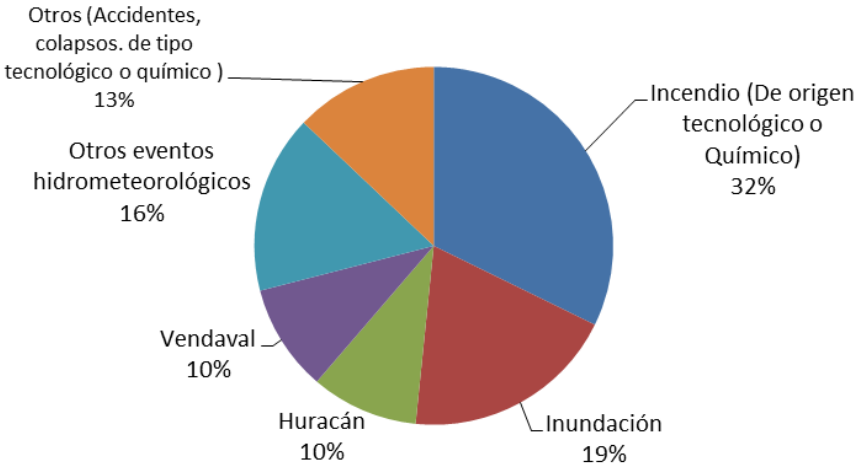


Figura 18. Proporción de eventos más frecuentes en el departamento archipiélago en el periodo de 1980 a 2011(parcial) (Fuente: Desinventar, 2011).

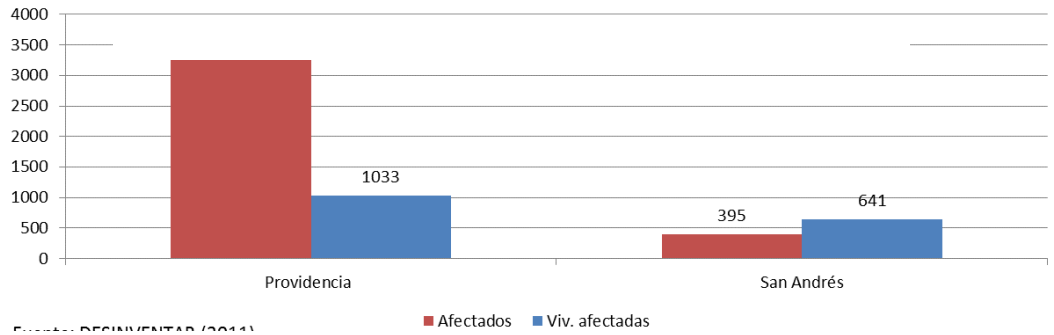


Figura 19. Personas y viviendas afectadas en el Departamento entre 1980 y 2011 (Desinventar, 2011).

En la Tabla 6 y Tabla 7 se presenta un recuento de las amenazas que han afectado el Archipiélago desde 1857, con base en información de la oficina nacional para asuntos atmosféricos y de océanos de Estados Unidos- NOOA (por sus siglas en inglés) y contenida en la estrategia de emergencia y respuesta ante huracanes del departamento (Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2012).

En primera instancia se observa en la Tabla 6 los eventos relacionados con ciclones tropicales que han tenido algún tipo de influencia y en segunda instancia en la Tabla 7, se presentan otro tipo de amenazas naturales evidenciadas en el territorio.

Como complemento a esto FONADE-Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2010a) (Figura 20), presenta los temporales que cruzaron aguas Colombianas en los últimos 50 años, (Base de datos: Unisys Weather Hurricane Data –HURDAT-) y las trayectorias de estos eventos y la Figura 21, los eventos que han pasado por la Isla de San Andrés, lo cual solo evidencia que la historia de eventos como los huracanes y tormentas que han golpeado las islas de San Andrés y Providencia, son los factores que más producen riesgo sobre los habitantes, convirtiéndolas en zonas vulnerables. Los vientos huracanados, tempestades prolongadas, la alta dinámica del oleaje combinado con altos niveles del mar, producen estragos en el borde costero y las correspondientes inundaciones de las zonas susceptibles a este fenómeno, por lo cual las inundaciones se convierten en muchos casos en las consecuencias de dichos eventos.

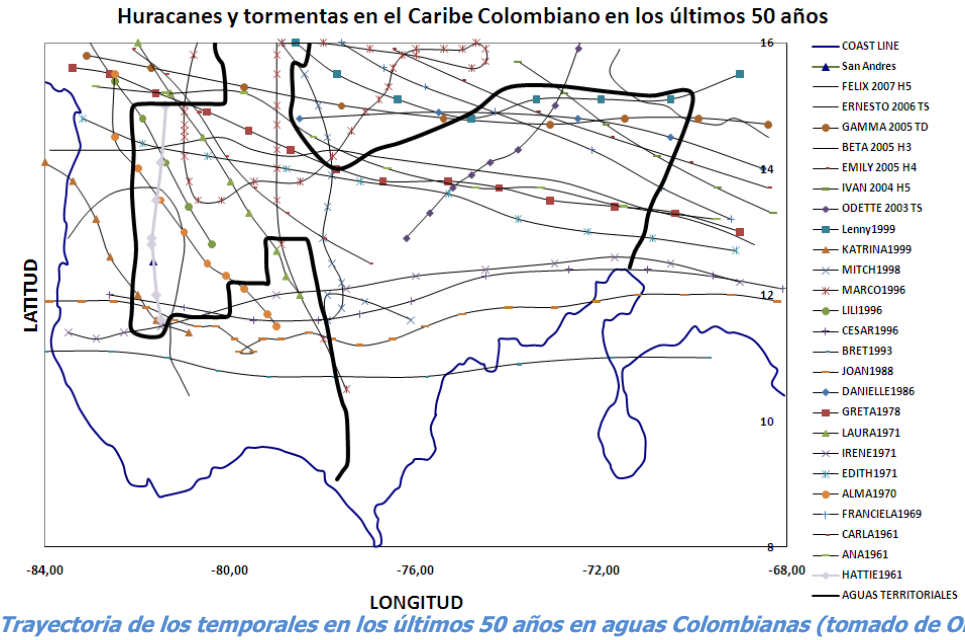


Figura 20. Trayectoria de los temporales en los últimos 50 años en aguas Colombianas (tomado de Ortiz, 2008 en FONADE- Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

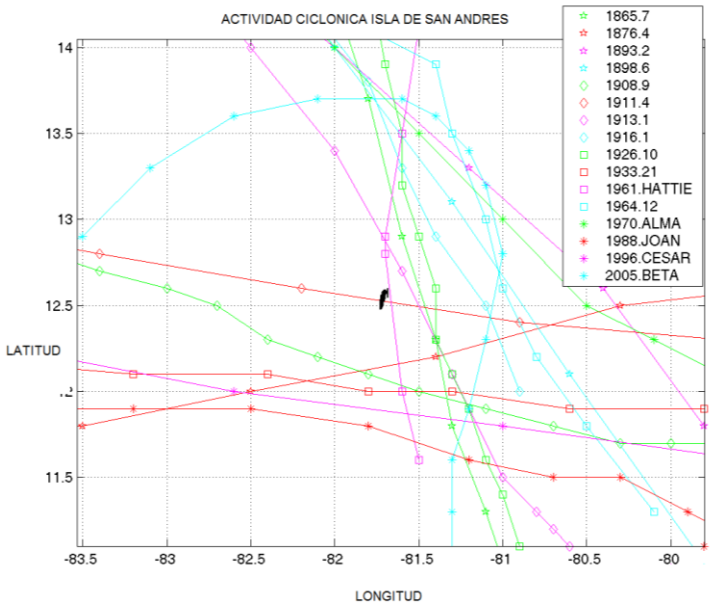


Figura 21. Trayectoria de algunos temporales en los últimos 50 años en la zona de San Andrés (tomado de Ortiz, 2008 en FONADE- Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

Tabla 6. Ciclones tropicales que han afectado al departamento 1857- 2011.

Tipo de ciclón tropical	Fecha de ocurrencia (año, día, mes)	Nombre del fenómeno	Observaciones
Huracán	1857, 24-30, Septiembre	No disponible	-
Huracán	1864, 25 – 1, Agosto-Septiembre	No disponible	-
Huracán	1865, 18-25, Octubre	No disponible	-
Huracán	1866, 13-18, Agosto	No disponible	-
Huracán	1874, 31-4, Octubre-Noviembre	No disponible	-t
Huracán	1876, 29-5, Octubre-Noviembre	No disponible	-
Huracán	1877, 21-5, Septiembre-Octubre	No disponible	-
Huracán	1882, 5-15, Octubre	No disponible	-
Tormenta tropical	1887, 11-12, Diciembre	No disponible	-
Huracán	1892, 10-11, Octubre	No disponible	-
Huracán	1893, 4-5, Julio	No disponible	-
Huracán	1894, 1-2, Octubre	No disponible	-
Tormenta tropical	1898, 12.14, Septiembre	No disponible	-
Tormenta tropical	1898, 20-21, Septiembre	No disponible	-
Tormenta tropical	1901, 21-22, Septiembre,	No disponible	-
Tormenta tropical	1902, 10-11, Junio	No disponible	-
Huracán	1906, 8-9, Octubre	No disponible	-
Huracán	1908, 15-18, Octubre	No disponible	-
Tormenta tropical	1909, 22-23, Septiembre,	No disponible	-
Tormenta tropical	1909, 8-9, Noviembre	No disponible	-
Huracán	1910,9-12, Octubre	No disponible	-
Huracán	1911, 9-10, Septiembre	No disponible	-
Tormenta tropical	1912, 11-15, Noviembre	No disponible	-
Huracán	1913, 22-23, Junio	No disponible	-
Tormenta tropical	1916, 29-30, Junio	No disponible	-
Tormenta tropical	1916, 12-13, Noviembre,	No disponible	-
Tormenta tropical	1920, 17-18, Septiembre	No disponible	-
Tormenta tropical	1921, 20-21, Octubre	No disponible	-
Tormenta tropical	1923, 14-16, Octubre,	No disponible	-
Tormenta tropical	1926, 14-17, Octubre,	No disponible	-
Tormenta tropical	1926, 12-13, Noviembre	No disponible	-
Tormenta tropical	1933, 27-28, Septiembre	No disponible	-
Tormenta tropical	1933, 15-16, Noviembre	No disponible	-
Huracán	1935, 27-2, Septiembre-Octubre	No disponible	-

Tipo de ciclón tropical	Fecha de ocurrencia (año, día, mes)	Nombre del fenómeno	Observaciones
Tormenta tropical	1940, 18-19, Septiembre	Tormenta 7 de 1940	En la isla de San Andrés se presentaron daños en casas, cultivos y caminos, dejando algunos damnificados. En la isla de Providencia más del 80% de las edificaciones se vieron afectadas, se interrumpieron las comunicaciones y se registraron tres (3) muertos en el sector de Santa Isabel.
Tormenta tropical	1940, 21-23, Octubre	No disponible	-
Huracán	1941, 27-30, Septiembre	No disponible	-
Huracán	1942, 27-31, Agosto	No disponible	-
Tormenta tropical	1945, 28-30, Agosto	No disponible	-
Huracán	1952, 20-28m Octubre	Fox	-
Tormenta tropical	1953, 25-28, Mayo	Alice	-
Tormenta tropical	1954, 25-26, Octubre	hazel	-
Huracán	1955, 27-29, Septiembre	No disponible	-
Huracán	1961, 20-24, Julio	Ana	-
Huracán	1961, 27-31, Octubre	hattie	Ocasionó inundaciones por ascenso del nivel del mar e intensas lluvias. Generó la destrucción de plantaciones de palmeras, daños en viviendas y en los hoteles Casablanca y Abacoa Velocidad del viento de 180 km/hora, Daños materiales calculados en $ 5'000.000 de la época Reportados 20 heridos, no hubo muertos. Rangel-Buitrago, N. 2012, informa que causo oleajes con alturas de 2.5m (mar afuera) que provocaron grandes inundaciones, pérdidas de plantaciones, casas y embarcaciones averiadas. Se registró una muerte.
Tormenta tropical	1964, 5-7, Noviembre	No disponible	-
Huracán	1971, 8-9, Setiembre	Edith	-
Tormenta tropical	1971, 17-19, Septiembre	Irene	Rangel-Buitrago, N. 2012, informa que los vientos llegaron a velocidades de 100km/h, con oleajes hasta de 5.5m mar afuera. Aunque por la Isla solo pasó la cola del huracán, se registraron destrucciones en plantaciones y algunas casas averiadas.
Huracán	1978, 16-17, Septiembre	Greta	-
Huracán	1988, 15-22, Octubre	Joan	Se acercó a 90 km de la isla de San Andrés, Los costos totales de las pérdidas se reportaron en $1.351'000.000.

Tipo de ciclón tropical	Fecha de ocurrencia (año, día, mes)	Nombre del fenómeno	Observaciones
			Rangel-Buitrago, N. 2012, informa que fue el huracán más fuerte que ha afectado a la isla, con vientos de 184km/h y oleajes hasta de 9m mar afuera, acompañados con lluvias que superaron los 250mm. Las consecuencias fueron: inundaciones (principalmente en las partes bajas de la Isla), caída de redes eléctricas y telefónicas, cuatro heridos, decenas de edificaciones dañadas, numerosos árboles y postes derribados y unos 800 damnificados.
Huracán	1996, 27-28, Octubre	Cesar	El huracán Cesar pasó a una distancia de 65 Km de la isla de San Andrés Ocasionó intensas lluvias e incremento en el nivel del mar. En la isla de San Andrés, los barrios que se vieron más afectados fueron San Luis, Sound Bay, Tom Hooker, Elsy Bar, South End y El Cove. Rangel-Buitrago, N. 2012, informa que los vientos registrados fueron hasta de 120 km/h, con oleajes máximos de 5.5m mar afuera. No se tiene registro de daños y damnificados.
Tormenta tropical	1996, 14-15, Octubre	Lili	-
Tormenta tropical	1996, 18-19, Noviembre	Marco	-
Huracán	1998, 26-27, Octubre	Mitch	Afectó principalmente a los cayos del norte como Serrana y Serranilla.
Huracán	1998, 24-1, Noviembre-Diciembre	Nicole	-
Huracán	1999, 18-25, Agosto	Brett	-
Huracán	1999, 25 – 1, Octubre- Nov	Katrina	Rangel-Buitrago, N. 2012, informa que los vientos llegaron a 56km/h con oleajes mar afuera de hasta 3m. No se encontró documentación que especificara los daños causados a su paso.
Huracán	2004-Fechas no definidas	Charley, Jeanne, Iván	-
Huracán	2005, 4-19, Julio	Dennis	-
Huracán	2005, 23-30, Agosto	Katrina	-
Huracán	2005, 10-20, Septiembre	Rita	-
Huracán	2005, 16-25, Octubre	Wilma	-
Huracán	2005, 26-31, Octubre	Beta	Impactó principalmente a la isla de Providencia con vientos de aproximadamente 135 km/h. Causó daño en aproximadamente 1174 viviendas, 3 viviendas fueron destruidas, afectaciones en los servicios públicos, en las vías, 284 colonias de coral impactados,

Tipo de ciclón tropical	Fecha de ocurrencia (año, día, mes)	Nombre del fenómeno	Observaciones
			perdida de vegetación arbustiva, erosión en playas, sector agropecuario afectado en un 100%. Se presentó inundación en zonas bajas aunque no hubo muertos solo un herido leve. Sectores principalmente afectados: Bottom house, Smooth water bay, mountain. Se contó con ayudas monetarias de $563.200.000, provenientes del fondo nacional de calamidades, para compra de materiales de construcción y alimentos para los afectados (Cruz, 2006 en Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2012).
Huracán	2007, 23-27, Agosto	Dean	Las marejadas impactaron la parte sur de la isla de San Andrés.
Huracán	2007, 28-5, Agosto-Septiembre	Felix	Las marejadas afectaron la zona sur de la isla, donde hubo necesidad de reubicar los habitantes de una parte de esta zona de la isla durante el evento.
Huracán y Tormentas tropicales	2008 en adelante	-	No se han reportado nuevos fenómeno con incidencias en el archipiélago.

Fuente: Estrategia de emergencia y respuesta departamental ante huracanes, actualizado a 2011 (Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2012).

Tabla 7. Antecedentes históricos de amenazas evidenciadas en el departamento diferentes a ciclones tropicales.

Tipos de amenazas		Antecedentes históricos
NATURAL	Inundaciones	Fenómeno recurrente que se presenta todos los años en la temporada de lluvias. Cifras sobre inundaciones fueron presentadas en las figuras 12 y 13. Se destacan los siguientes eventos sobre los que se ha encontrado registro histórico: Noviembre 10 de 1972: inundación en San Andrés luego de tres días de lluvia y un aguacero que duró 14 horas. Pérdidas por varios millones de pesos. Por la falta de alcantarillado y de canales de desagüe la situación se complicó aún más. Zonas más afectadas: Bodegas de la Aduana, Edificio de la Intendencia, barrios San Luis y El cocal. No se presentaron víctimas (Desinventar, 2011 en Gobernacióndel Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2012). Junio 10 de 1982: Inundación en San Andrés. Violento aguacero que provocó inundaciones en las principales arterias, generando pérdidas materiales dada la ausencia de un sistema de drenaje de las aguas lluvias. Los más afectados fueron el sector comercial y los barrios Juan XXIII, School house y Cartagena alegre. (Desinventar, 2011). Septiembre 21 de 1988: Inundación en San Andrés Isla, sector establecimiento de energía eléctrica, causado por lluvias, dos fallecidos, una vivienda destruida. (Desinventar, 2011). Octubre 30 de 1999: Inundación San Andrés Isla, Barrio San Luis. Causado por una depresión tropical. No hubo muertos ni heridos. (Desinventar, 2011). Agosto 21 de 2002: Inundación en San Andrés Isla, Barrio Obrero y Juan XIII, originadas por fuertes lluvias acaecidas durante 24 horas. No hubo muertos ni heridos. (Desinventar, 2011). Noviembre 21 de 2003: Inundaciones en San Andrés isla, en los sectores de Av. las Américas con cañón de Morgan, Supermercado Mini rey (Av. Providencia con Hell gate), Aeropuerto, Rock Hole, Sarie Bsy, Av. Juan XXIII, Barrios Los Almendros, Back Road parte baja, Las Gaviotas y Natania. Se presentaron 105 afectados y 24 viviendas afectadas. Octubre 21 de 2011: Inundaciones San Andrés Isla. Fuertes lluvias originadas por una depresión tropical. 100 afectados con 200 viviendas afectadas. Mayo 27 de 2012: Inundación en San Andrés, generadas por lluvias intensas durante todo el día, que afectaron toda la isla. Se vieron afectadas viviendas del sector back road parte baja, natania, sare bay, gaviotas, el sector comercial y la infraestructura vial principal que se vio inundada. Se presentaron obstrucciones a vías por caídas de árboles. No se presentaron víctimas (Fuente: asistentes a talleres PDGR y registro periodístico internet.).
	Desabastecimiento de agua/Sequía	• Se han reportado dos periodos de ausencia de lluvias considerados como sequía extremos para las condiciones locales en los periodos de mayo de 1976 a mayo de 1978 y Marzo de 1991 a Abril de 1993, los cuales afectaron gravemente los sectores productivos del turismo y la agricultura (Velásquez C. y Tejada M., 2011 en Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2012). • Las islas no cuentan con suministro continuo de agua potable, la fuente principal de abastecimiento para la mayor parte de la población del departamento es el agua subterránea, el acuífero no cuenta actualmente con una capacidad de almacenar agua por periodos extensos. No hay un aprovechamiento adecuado de las aguas lluvias (5% de aprovechamiento óptimo), con periodos de déficit de lluvia de entre enero y abril (CORALINA-INAP, 2010 en CORALINA, 2011).
	Fenómeno Enos o Enso	• influye fuertemente en el ciclo anual de lluvias; durante los años El Niño menos lluvias respecto a un año normal promedio, mientras que La Niña, las lluvias aumentan respecto a un año promedio normal promedio. • ha incidido en la salud de los corales. Relacionado con la enfermedad denominada blanqueamiento de corales, la cual tuvo una gran epidemia en los

Tipos de amenazas		Antecedentes históricos
		arrecifes de la región caribe en el año 2005, aunque según reporta el INVEMAR afectó los corales del archipiélago en menor medida de afectación que los del resto del país (del 0.6 al 3.1%).
	Tormentas eléctricas	• Instituciones y comunidad manifiestan evidenciarlas durante la presencia de fenómenos hidro-meteorológicos pero no hay registros históricos.
	Sismos	• Se registró un sismo de 4.5 grados sobre la escala de Richter con epicentros entre las islas de San Andrés y Providencia, el 11 de febrero de 1995 a las 5:45pm. Se registraron agrietamientos en algunas edificaciones y pánico entre residentes y turistas (El Tiempo, 1995 en Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2012).
	Caídas de rocas y remociones en masa ,Erosión Laminar y Fluvial	• No hay un registro histórico. La caída de rocas pequeñas es frecuente y se evidencia en diferentes sectores de las islas sin afectaciones a la fecha[1]. • Un 5.56% y el 5.72% del área de las islas de Providencia y Santa Catalina se están viendo afectados por procesos morfodinámicos. (FINDEPAC & ECOFONDO, 2004) • La erosión de tipo kárstica y laminar se está presentando en diferentes sitios en la isla de San Andrés [2](Loma radar y Sally taylor)
	Erosión costera	• Perdida de playas del sector de Spratt bight y Sound Bight en San Andrés Isla y socavamiento de taludes de la línea de costa en Comsee (Florida) en Providencia. • En el caso de Sound Bay en San Andrés y en la isla de Providencia, tanto viviendas como infraestructura hotelera se están viendo afectadas. • Parte de la banca de la vía circunvalar al sur de la isla de San Andrés ha tenido que ser remplazada por los efectos de la erosión costera. • El departamento ha invertido alrededor de 800 millones de pesos en estudios técnicos[3] y en conjunto el departamento con la nación han invertido alrededor de 4000 millones de pesos para recuperar y proteger la banca de la vía circunvalar dados los efectos de la erosión costera (INVIAS y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2008). • Los eventos erosivos reciente, presentados en la costa occidental de la isla de San Andrés, están afectando un área aproximada de 10.434 m2 y posiblemente una pérdida de material que ha sido removido de la costa de 9.645 m^3, con una afectación directa hacia la vía circunvalar(CORALINA, 2011).
	Ascenso del nivel del mar	• No hay registro de antecedentes.
	Epidemias biológicas	• Durante los años 2009 y especialmente el 2010, el Dengue fue un evento de interés en salud pública epidémico, hasta la semana epidemiológica 48 de 2010 se reportaron 11629 casos al SIVIGILA. El mayor número de casos por periodo epidemiológico se reportó en el periodo 2, cuando se registraron 2126 casos tanto de dengue (91.2%) como dengue grave (8.0%). Actualmente el dengue es considerado endémico por la secretaria de salud departamental (Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2011). • La leptospirosis se ha convertido en un evento endémico actualmente según la secretaria de salud Departamental, cuyo diagnóstico se inició en 1999 y hasta

[1] Áreas aledañas al cerro del Cliff y zonas altas de la isla, entre estas: El Cliff (parte aledaña al cerro), Atlántico (parte baja), Jones Ground, Las Gaviotas, Jhon Well, Back Road (parte alta), Botton Ground, School House, Miss May's Cliff (no tiene asentamientos). Tomado del Plan Departamental de Atención de Emergencias ante Huracanes, Actualizado a 2011.

[2] Cuenca del Cove y vía Pepper Hill en San Andrés Isla. Tomado del Plan Departamental de Atención de Emergencias ante Huracanes, Actualizado a 2011. Y registro fotográfico salida de campo segundo taller PDGIR Marzo de 2012. Ver anexo fotográfico de amenazas en las islas.

[3] A través de convenios con FONADE del tipo de recursos no reembolsables-RNR, ejecutados hasta finales de 2010, del cual hacían parte la Universidad del Norte de Barranquilla y la Universidad de Baleares (España), para adelantar estudios técnicos de recuperación de las playas de Spratt Bight del sector de North End y del sector de San Luis.

Tipos de amenazas		Antecedentes históricos
		la fecha se han reportado 48 casos de los cuales el 14% de los casos han fallecido. El 23% corresponden al género femenino y su presentación se relaciona con las lluvias (Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2011). • En Colombia, la epidemia del cólera se inició en 1991 en la costa Pacífica, y siguió los cauces de los ríos Magdalena y Cauca; entre 1991 y 1992, las tasas de incidencia fueron de 51,2 y 39,8 casos por 100.000 habitantes y en San Andrés fue de 8.14 x 1000 habitantes sin defunciones (Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2011). • Por cada 100 viviendas visitadas 28 de ellas se encontraban positivas con el vector transmisor de la enfermedad del Dengue por cada 100 viviendas 99 se encuentran infestadas por roedores. • Del 2008 al 2011 se han reportado en el Sivigila 225 casos de dengue, 12 de malaria y 27 de leptospirosis en el departamento. 789 casos de enfermedad diarreica aguda en el 2009, 2472 en el 2010 y 2573 en el 2011 (Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2011). • Se identificó un caso de lepra lepromatosa en la isla de Providencia en Septiembre del año 2011.
	Tsunamis	No existen registros históricos. La presencia en San Andrés de fragmentos métricos de rocas de origen pleistocénico en áreas boscosas interiores, sin que se tengan dataciones precisas de su desplazamiento (Geister).
	Trombas marinas	Registro fotográfico de la fuerza aérea del caribe que evidencia una tromba marina en diciembre de 2008 en FAC, 2013). De igual forma, miembros de instituciones del CDGR manifiesta que los han evidenciado.
	Caída de árboles y frutos (cocos)	• Se presentan durante la temporada invernal por las fuertes brisas, pero no hay registro histórico. Sin embargo es de amplio conocimiento local el desarrollo de accidentes por caídas del fruto de coco. • En el año 2011 falleció una persona por la caída de un árbol en la isla de San Andrés sector North end, antiguo Hotel Isleño, causado por fuertes vientos[4].
ANTRÓPICA	Accidentes de transporte(aéreo, marítimo y terrestres)	• El 4 de Julio de 1976, 200 metros de la costa en el sector de Sound Bay en la Isla de San Andrés, se generó el encallamiento del barco generador "el cocle" y el remolcador británico "Shawny" con afectación sobre los arrecifes dada la maniobra de des encallamiento y contaminación la medio marino por derramamiento de combustible. • El 27 de Marzo de 2005, se presentó la caída de la aeronave de bimotor tipo Let-410 de fabricación checa de matrícula HK-4146 afiliada a la aerolínea West Caribbean Airways, que llevaba 14 personas a bordo. West Caribbean (Avioneta) en su salida de la Isla de Providencia a la Isla de San Andrés dejando la aeronave destruida. El accidente causó la muerte de 9 personas y dejó a otras 5 personas heridas (El Tiempo, 2013). • Según datos de medicina legal en el año 2007 se registraron 1262 accidentes de motocicleta, en el año 2008 se dieron 1214, en el 2009 se presentaron 1165, en el año 2010 fueron 1170 y en el año 2011 hubo 1110. • El 20 de agosto de 2010, se presenta el accidente de la aeronave de la empresa aires SA. Generándose 114 heridos y un fallecido. Se considera que una de las causas pudo ser la fuerte tormenta acompañada de relámpagos que se generaba en las islas al momento de aterrizaje del avión. • Medios de comunicación local registran accidentes menores en el transporte marino de embarcaciones desde San Andrés hacia los cayos turísticos y viceversa. • Se resalta la explosión de la embarcación Miss Isabel, el 5 de enero de 2012, entre 6 y 10 millas al oeste de la isla de San Andrés, cuando la embarcación

[4]Fuente; Willie Gordon, Comandante de Bomberos, Secretaria del Interior, Departamento Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2012).

Tipos de amenazas		Antecedentes históricos
		cubría la ruta San Andrés-Providencia. El naufragio de la embarcación, generó 1 muerto, tres desaparecidos y un sobreviviente. El accidente se presentó en horas de la mañana, pero la reacción de las autoridades se generó en horas de la tarde, cuando el único sobreviviente logró llegar a las costas de la isla de San Andrés.
	Degradación ambiental y de ecosistemas (contaminación, intervención de ecosistemas etc.)	• Ubicación de asentamientos humanos en zonas de ecosistemas estratégicos (áreas de humedales y manglares) como es el caso de los barrios de back Road parte baja, Natania sexta etapa, New Guinea, entre otros, • Maniobras inadecuadas de embarcaciones marítimas con afectación a los ecosistemas arrecifales que han generado encallamientos y afectaciones a los arrecifes coralinos, • Vertimientos de aguas residuales directos al mar y suelos con potenciales afectación en zonas de vocación agrícola, • Manejo inadecuado de residuos sólidos en las islas (disposición a cielo abierto y quemas)[5]. • Sobrepoblación con alta presión sobre los recursos naturales en la isla de San Andrés, • Descargas de drenajes de aguas lluvias al mar, • Extracción de arena de playas para construcción, • Sobre explotación pesquera (Langosta y Caracol) por lo que fue necesario que por medio de acciones judiciales se establecieran periodos de veda para la recuperación de las especies.
	Fallos en líneas vitales	• Durante las temporadas invernales, se presentan fallas en las redes telefónicas y eléctricas debido a la caída de ramas y arboles sobre las redes aéreas. • Adicionalmente, durante la temporada invernal, se presentan colapsos en las redes de alcantarillado sanitario, debido a las falencias del alcantarillado pluvial dado que en ocasiones el sistema de alcantarillado sanitario es utilizado por la comunidad como alternativa para evacuar las aguas lluvias, lo que genera un colapso de dicho sistema. • De igual forma se han presentado en las islas, obstrucción de vías por caídas de árboles cuando se han presentado fenómenos hidro-meteorológicos de gran nivel para la escala local. • Se han generado incendios que han afectado la continuidad del fluido eléctrico en las islas y serán detallados en dicho aparte. • No hay cifras suministradas por las empresas de servicios públicas locales para cuantificar los episodios.
	Incendios	Con relación a los incendios, la comandancia de bomberos del departamento, manifiesta que es el fenómeno más recurrente que presenta el departamento archipiélago, principalmente debido por la práctica de quemas que ejerce la comunidad raizal. A continuación se detallan algunos incendios con los que se cuenta registro histórico, con base en la herramienta Desinventar: • Febrero 19 d 1971: Incendio residencial que generó un damnificado y una vivienda destruida. Las causas de este son desconocidas. • Junio 1 de 1983: Incendio en el Barrio Natania de la Isla de San Andrés, que generó pérdidas cercanas a 8 millones de pesos de la época. Al parecer la causa fue un corto circuito, generando la destrucción de una vivienda y un local comercial. • Julio 25 de 1985. Incendio en el barrio Natania. Dos niños murieron y uno resultó gravemente herido debido al incendio de un vehículo abandonado en el cual residían con su madre. • Febrero 20 de 1987. Incendio en el barrio el Bight, Dos viviendas de madera fueron consumidas íntegramente por las llamas.

[5] Registro de quejas y denuncias de la autoridad ambiental CORALINA.

Tipos de amenazas		Antecedentes históricos
		• Noviembre 2 de 1987. Incendio en la isla de San Andrés, debido al incendio de la embarcación Jean Laffite de bandera Jamaiquina. Afectó las cabinas de mando y el camarote de la embarcación, dejando un muerto. • Enero 26 de 1988. Incendio en la isla de San Andrés, en la estación de energía eléctrica Electro-San, lo cual afectó el fluido eléctrico de la isla. • Agosto 17 de 1988. Incendio en el sector centro de la isla de San Andrés, Av. Costa Rica con Av. Los libertadores Debido al escape de un cilindro de gas. Se generaron pérdidas por 8 millones de pesos de la época. • Septiembre 23 de 1988. Incendio en la empresa de energía eléctrica de San Andrés Isla. • Julio 24 de 1990. Incendio en dos de las plantas que generan le fluido eléctrico en la isla de San Andrés. • Noviembre 10 de 1003. Incendio en local comercial de la Isla de San Andrés. Se considera que le incendio fue provocado por la caída de un rayo. • Mayo 13 de 2010. Incendio en la Isla de Providencia. Generando 12 afectados y 3 viviendas destruidas. • Mayo 18 de 2010. Incendio en el Barrio San Luis de la Isla de San Andrés. Generando dos fallecido, 5 afectados y una vivienda destruida. • Abril 18 de 2012. Incendio en el Barrio el Bight de la Isla de San Andrés. NO hubo fallecidos ni víctimas con graves afectaciones. Se estiman cuantiosas pérdidas materiales.

Fuente: Desinventar y Talleres de Construcción del PDGR, mesas de trabajo estratégicas institucionales del PDGR, 2011-2012 (Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2012).

2.4.2. *Inundaciones*

En cuanto a las inundaciones presentadas en el territorio y que están relacionadas tanto a los fenómenos hidrometeorológicos como frentes fríos, lluvias extremas, tormentas, huracanes, etc., que imprimen valores máximos a presiones y vientos como oceanográficos tales como mares de leva, vientos alisios, etc., su periodicidad anual le ha impreso a las islas serios problemas que año a año han significado pérdidas materiales, dificultades para pesca, impedimento para labores optimas marítimas, efectos para el turismo y la erosión costera.

Dichos efectos son más dañinos en los mares poco profundos o zonas costeras rodeadas por aguas someras generando inundaciones, como es el caso de las aguas en el archipiélago.

En cuanto a los vientos, su fricción contra la superficie marina produce un desplazamiento de las aguas oceánicas, cuya variación del nivel del mar es denominada como onda de tormenta "storm surge", que conjugada con el efecto de las mareas pueden generar inundaciones en las zonas costeras

Osorio (2009) plantea que los estudios realizados por el grupo de investigación Oceánicos de la Universidad Nacional, muestran evidencias claras de ascenso del nivel del mar y duraciones más prolongadas de este tipo de sucesos, los cuales han incrementado su frecuencia e intensidad, que pasaron de durar un día y ahora de una semana en promedio y los cuales son causados por el cambio climático.

Para el Caribe Colombiano aunque el fenómeno de mareas no es tan evidente, la información recopilada de 50 años acerca de inundaciones, caracteriza estos fenómenos como "los mares de leva", los cuales impactan de igual forma el borde costero, en conjunto con la superposición de otros fenómenos como los huracanes, un ejemplo de esta situación se evidencia en la Figura 22, en la cual se expone el comportamiento de la altura de la ola significativa para un sector cercano al Archipiélago de San Andrés, en el año 2005 durante un evento huracanado, enel cual se

presentan máximos en la altura de la ola de hasta 7 metros como producto de la superposición de efectos (tomado de Oceánicos, 2013). El Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) de la Armada Nacional, explica que los fenómenos de inundación producto de la intrusión del agua se debe a la mezcla del oleaje fuerte por la influencia de las tormentas (marea meteorológica) o fenómenos extremos, con el ascenso de la marea que se presenta normalmente cada seis horas en esta zona del país (marea astronómica) (tomado de CIOH, 2005).

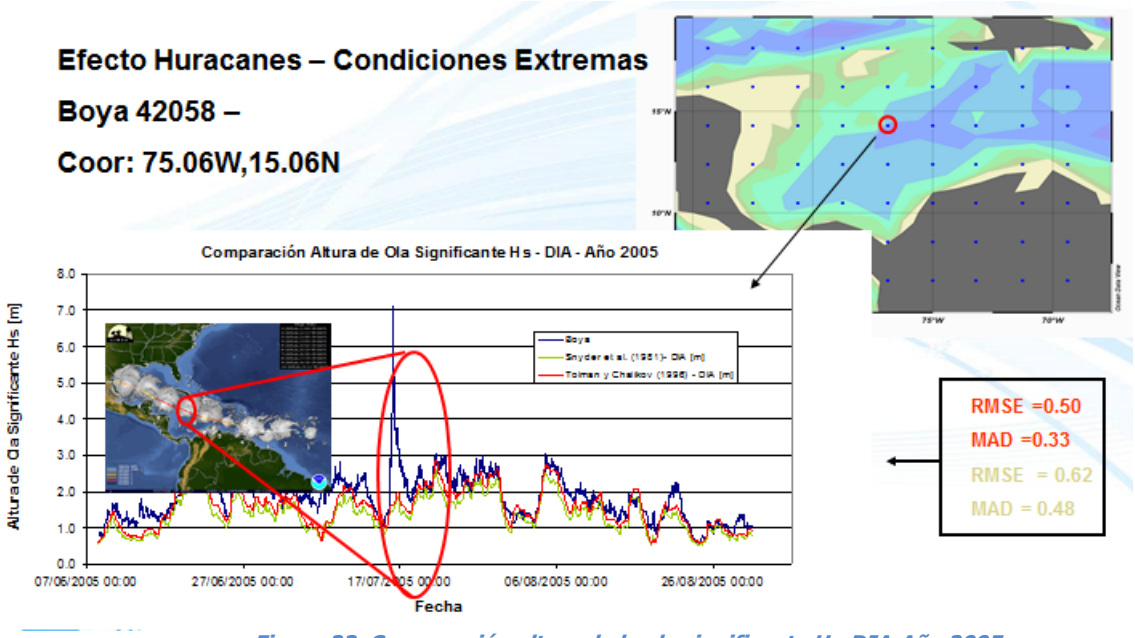


Figura 22. Comparación altura de la ola significante Hs-DIA-Año 2005.

A continuación se presentará una breve descripción de los fenómenos oceanográficos e hidrometeorológicos que condicionan y generan los procesos de inundación y procesos erosivos costeros en el Archipiélago:

El CIOH (2014), plantea que sobre el mar Caribe los frentes fríos pueden causar tormentas de truenos, chubascos, tornados y vientos fuertes antes del paso del fenómeno, acompañadas de condiciones secas a medida que el frente avanza y que empiezan a transitar desde el mes de diciembre a marzo provenientes de las altas latitudes, descendiendo en ocasiones hasta los 10º norte. Estos sistemas frontales generalmente ocasionan aumentos significativos en el gradiente de presión en el área, generan incrementos en la intensidad de los vientos y en la altura del oleaje o mar de leva.

En cuanto a los Ciclones Tropicales (Depresión tropical, tormenta tropical y huracán) el CIOH plantea que en la cuenca del Caribe se forman ciclones que se desplazan al noroeste y que generalmente, estas condiciones se presentan entre mayo y noviembre, especialmente entre agosto y octubre, y pueden incidir fuertemente en el estado del tiempo en el norte de Colombia con precipitaciones o vientos muy fuertes.

Respecto a los vientos Alisios, el CIOH informa que estos soplan en casi todas las regiones tropicales que se extienden entre los cinturones de altas presiones subtropicales y las bajas presiones ecuatoriales. Estos vientos pueden variar de dirección por efectos locales de topografía

y rozamiento; sin embargo, son conocidos por su persistencia y regularidad. Cuando el aire se acerca al Ecuador, los vientos Alisios del noreste y sureste convergen sobre una estrecha zona a lo largo de él, denominada Zona de Confluencia Intertropical; en ella la inversión se debilita y el aire se eleva, el desarrollo vertical de las nubes aumenta y la inestabilidad se extiende a mayores altitudes. Las precipitaciones se hacen más fuertes y más frecuentes (Figura 23).

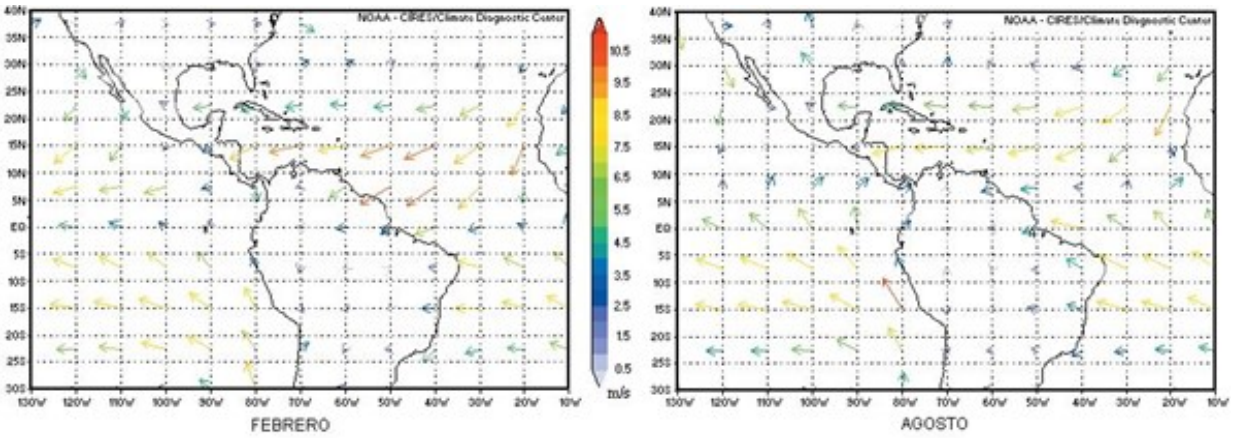


Figura 23. Campo medio del viento en superficie para los meses de febrero y agosto. Con base en los datos de Reanalysis NCEP/NCAR, para el periodo 1968 – 1996 (CIOH, 2014).

En cuanto a la época seca o época de verano (diciembre a marzo) en el Caribe, el CIOH reporta que se caracteriza por presentar vientos fuertes del sector Norte - Noreste y lluvias débiles y escasas. En esta época pueden presentarse los denominados "Mares de Leva", ocasionados por la incursión en aguas del Mar Caribe de frentes polares provenientes del hemisferio norte, cuando alcanzan a llegar a los 15 grados de latitud Norte (unas 150 millas náuticas al norte de la Guajira). Durante el inicio de la época seca sobre el Mar Caribe, lo más significativo son los avances de los extremos sur de los frentes fríos, más exactamente entre la península de Yucatán, las Antillas Mayores (Cuba y República Dominicana) y hasta el centro del Mar Caribe, entre las latitudes 15ºN a 11ºN, trayendo consigo abundantes vientos, descensos paulatinos en la temperatura ambiente, y en algunas ocasiones la ocurrencia de fenómenos oceánicos como los mares de leva.

Adicionalmente análisis de marea realizados por CORALINA y Universidad Nacional (2010), han arrojado información de relevancia para este periodo que contribuye a los fenómenos de inundación presentados, tales como que durante los años El Niño se presentan, en general, mareas mucho más fuertes, con diferencias notables en los meses de diciembre y enero, y abril y mayo.

Finalmente la época húmeda o época de invierno (agosto a noviembre) presenta el ascenso paulatino de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), asociada a un sistema de baja presión de 1008mb, sobre el centro del litoral Caribe y parte del Mar Caribe centro. El comportamiento de la Zona de Convergencia Intertropical al finalizar el mes, se mantiene por encima de los 09º Norte, lo que ocasiona incrementos en las precipitaciones, acompañadas de tormentas eléctricas.

La procedencia de los vientos está más asociada a la Zona de Convergencia Intertropical, que a los vientos alisios, llegándose a presentar vientos en dirección oeste suroeste durante este mes

con velocidades que oscilan en general entre los 05 a 10 nudos. Esta debilidad de los vientos permite que la altura del oleaje para este mes en el norte del litoral Caribe no supere los 2,5 metros de altura.

Para efectos de evidenciar y visualizar los efectos de la convergencia de los diferentes fenómenos enunciados con anterioridad en el territorio insular, a partir de la expedición del Decreto 020 del 7 de Enero de 2011, por medio del cual se declaró el Estado de Emergencia Económica, Social y Ecológica en todo el territorio nacional por los efectos ocasionados por el Fenómeno de La Niña, que por medio de Decreto Ley No. 141 del 21 de Enero del 2011, se estableció que las Corporaciones Ambientales y de Desarrollo Sostenible debían formular un Plan de Acción para la Atención de la Emergencia y la Mitigación de sus efectos.

CORALINA, en cumplimiento de lo dispuesto formuló el Plan de Acción para la Atención de la Emergencia y la Mitigación de sus Efectos de la Reserva de Biosfera Seaflower –PAAME 2011, atreves del cual se levantó y documento la línea base de las inundaciones ocurridas en las islas, exponiendo la alta vulnerabilidad de algunas áreas principalmente por su conformación topográfica, deficiencia en servicios públicos y su cercanía al mar.

Por otra parte se hizo explicito el hecho que la degradación de los ecosistemas naturales tales como humedales, manglares y lagunas, producto de la actividad humana no planificada en la isla tales como rellenos artificiales y asentamientos humanos, ha generado como consecuencia la destrucción o disminución de algunos servicios que estos ecosistemas prestaban, como su capacidad de regulación del recurso hídrico siendo sumideros de aguas y brindando un control y manejo de inundación.

Por otra parte un agravante de esta situación y que incrementa la vulnerabilidad de la población y recursos físicos, es el colapso de las redes de alcantarillado pluvial o su ausencia en muchos casos, en donde para su diseño no se han considerado los aspectos relacionados con la topografía; pocas son las vías del sector que presentan la implementación de canales paralelas, que permitan la recolección y evacuación de las aguas no permitiendo la acumulación de las mismas sobre las vías y disminuyendo el riesgo de la comunidad ante un fenómeno de inundación.

Finalmente y no con menor importancia, el inadecuado manejo de los residuos sólidos que son dispuestos en ecosistemas estratégicos para el manejo de las aguas, en causes de cuerpos de agua o en los pocos canales y obras hidráulicas implementados para el manejo de las aguas de escorrentía, los cuales presentan taponamiento u obstrucción por acumulación de residuos sólidos o material vegetal debido a la inadecuada disposición y a la ausencia de un programa de limpieza y mantenimiento periódico.

Para efectos de dimensionar las áreas afectadas en el año 2010, CORALINA generó la cartografía de áreas inundables y para el 2011 (Figura 24), en la cual se evidenciaron las zonas críticas donde se presentan inundaciones de manera recurrente en la zona Norte, tales como el sector de Zotas, Barrio Obrero, Hell Gate, Av. Las Américas (Telecom, Av. Las Américas (El Vecino/Port Arturt), Yamaha, Juan XXIII, School House, Back Road Bajo, Aeropuerto, Av. colon (Banco de Bogotá), Barrió Rock Hole, Santana, Barrio Natania cuarta etapa, Barrió Serranilla, Barrio Barrock parte baja, Juan XXIII, Américas a la altura de Telecom, 20 de Julio por la Registraduría, Kikiriki, IDEAM Carretera circunvalar a la altura del pescadero y Sarie Bay (Bulevar) y para la zona oriental, el sector Ground Road, Coco plum, -Nueva Guinea, Sound Bay y gran parte del corredor costero de San Luis (CORALINA, 2011).

A.

B.

C.

Figura 24. Zonas inundadas sector norte y suroriental en San Andrés para 2010 (A y B) y sector norte para 2011 (CORALINA ,2011).

Un ejercicio similar al anterior, fue efectuado en el marco del Plan Maestro de Alcantarillado Pluvial (2000), en donde se plantean más áreas urbanas de inundación (Figura 25).

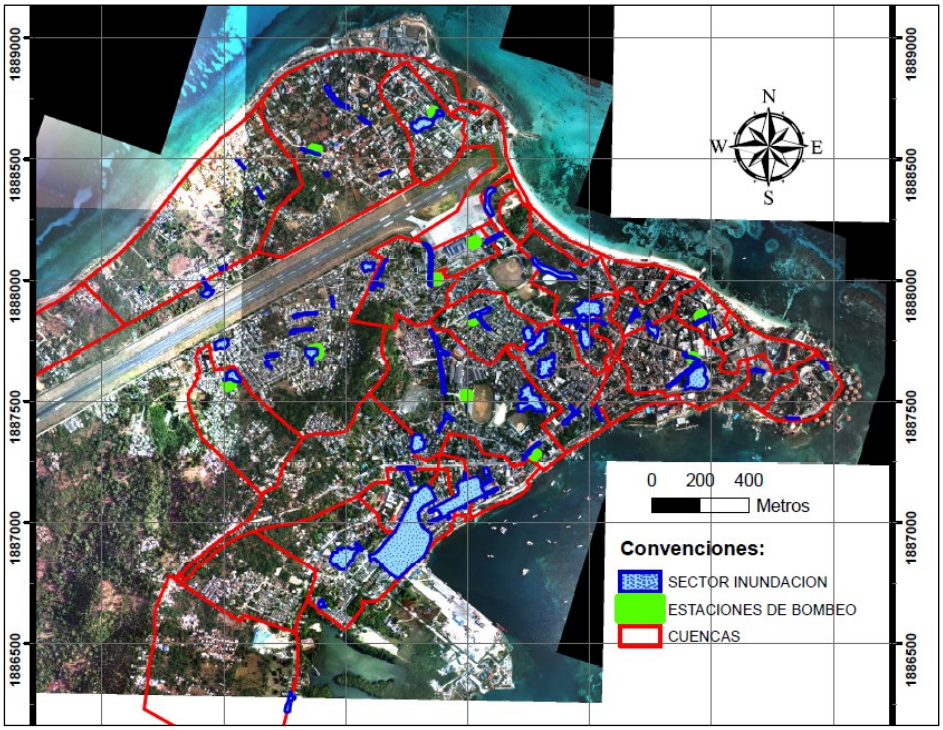


Figura 25. Cuencas, sectores de inundación y estaciones de bombeo en la zona norte de San Andrés (adaptado del Plan Maestro de Alcantarillado Pluvial de San Andrés - Consorcio Plan Vial Caribe, 2000 en FONADE, 2010).

A continuación se muestra una serie de imágenes en distintos sectores que evidencian la magnitud y consecuencias de las inundaciones por lluvias continuadas en la isla de San Andrés (Figura 26).

Sarie Bay, Octubre 2011

Costa occidental, enero 2011

Vía Simpson well, Octubre 2011

Vía San Luis –San Gas, octubre 2011

School House, junio 2012

Sarie Bay, Mayo 2012

Backroad, Mayo 2012

Backroad agosto 2012

Backroad, Mayo 2012

Sparth Bight, Pescadero, Mayo 2012

Sarie Bay, Mayo 2013

Sector aeropuerto, septiembre 2013

Sector Juan XXIII septiembre 2013

Natania, septiembre 2013

Polideportivo Natania, septiembre 2013

Figura 26. Imágenes de inundación en distintos sectores del área urbana de ña isla de San Andrés (archivo personal Liane Gamboa).

Respecto a la isla de Providencia, se reportaron desbordamientos de los arroyos, inundación de vías y afectación a viviendas en el sector de Aguamasa y de Bottom House, Fresh Water y Bayley, en los cuales el evento de baja presión generó también afectación en las corrientes de agua y acumulación anormal de sedimentos.

En términos generales, se observaron procesos de socavación de los taludes y pérdida de consolidación de los materiales por remoción de la vegetación de amarre poniendo riesgo viviendas aledañas (Figura 27 y Figura 28).

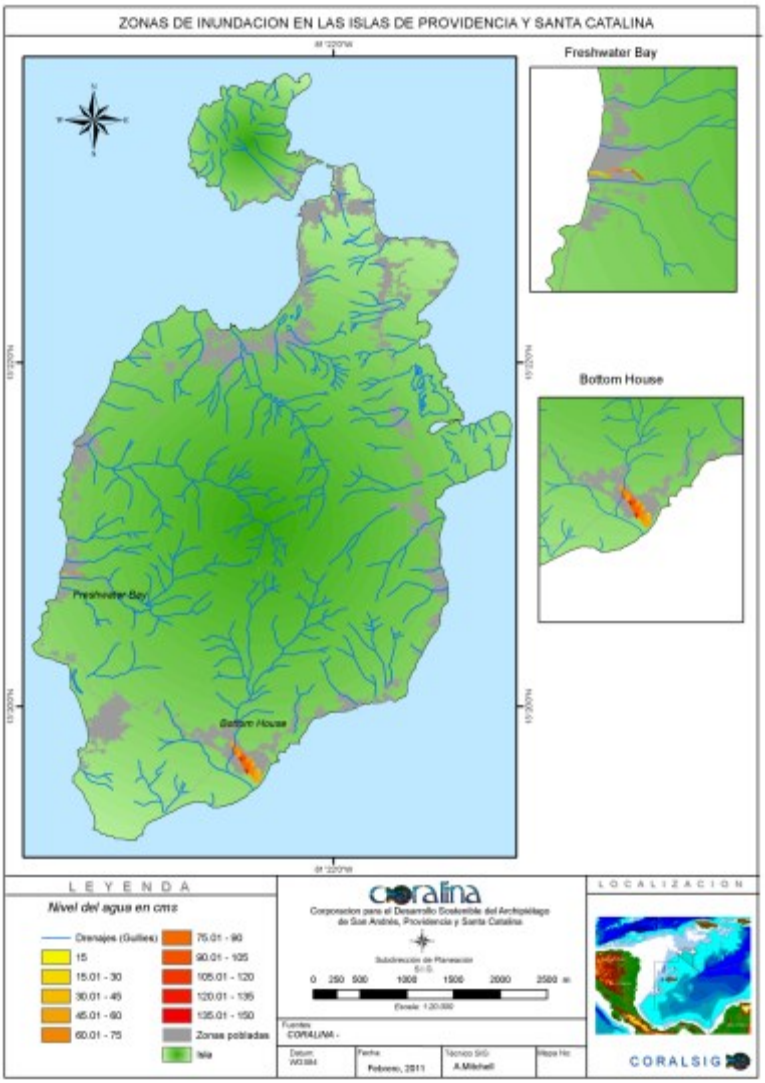


Figura 27. Zonas de inundación en las islas de Providencia y Santa Catalina, 2010 (CORALINA, 2011).

Figura 28. Imágenes de Aguamansa diciembre 2010 (CORALINA, 2010).

2.4.3. *Sismos*

El Archipiélago se encuentra en una zona definida como de sismicidad baja, causada por movimientos telúricos a lo largo de la zona de falla de trasformación destral, llamada la fractura de Panamá (CORALINA e INGEOMINAS, 1996).

El registro de sismos a partir de 1973, del United States Geological Service USGS, para un área alrededor de las islas, muestra un total de 11 sismos con magnitudes entre 3,7 y 5,7 (Figura 29), sin embargo otro reporte dado por FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2010a), presenta otro registro de la USGS de 2009, en donde se presentan eventos catastróficos en los últimos 200años (Tabla 8); se recuerdan sismos leves ocurridos en 1940 y 1950.

El 11 de febrero de 1995, hubo un sismo en San Andrés con magnitud de 5,3 grados en la escala de Richter, el cual provocó lesiones en 30 personas, daños en el aeropuerto y otras edificaciones del norte.

Dada la escasa resolución y las limitaciones temporales de recurrencia que existen en las islas del Archipiélago, CORALINA e INGEOMINAS (1996) aconsejó con mesura, adoptar una sola sismicidad en toda la isla de San Andrés, dado que no existe información confiable que permita una micro zonificación, siendo los suelos arenosos presentes en varios rellenos, los que tendrían una susceptibilidad moderada-alta como la máxima amenaza sísmica (Figura 30).

Las posibles amenazas originadas por un terremoto en las islas podrían ser:

- Licuefacción de suelos asociados a cenizas volcánicas en las laderas de Providencia y de rellenos artificiales en el sector noreste y oriente de la isla de San Andrés
- Caída de bloques de los acantilados y cerros de San Andrés y las montañas de Providencia
- Colapso de la terraza marina en donde hay cavernas y notches profundos
- Desplome de áreas con rasgos kársticos en San Andrés
- Daño en las estructuras urbanas y de servicios como carreteras, puentes, represas, acueducto y alcantarillado, emisario submarino, etc.

NEIC: Earthquake Search Results

U. S. GEOLOGICAL SURVEY

EARTHQUAKE DATA BASE

FILE CREATED: Tue Nov 6 10:27:04 2007
Geographic Grid Search Earthquakes= 11
Latitude: 13.000N - 12.000N
Longitude: 81.000W - 82.000W
Catalog Used: PDE
Data Selection: Historical & Preliminary Data

CAT	YEAR	MO	DA	ORIG TIME	LAT	LONG	DEP	MAGNITUDE	IEFM NFPO TFS	DTSVNWG	DIST km
PDE	1995	02	11	224533.03	12.59	-81.58	10	5.70 MwHRV	.D M	.....	
PDE	1995	02	12	192641.07	12.49	-81.45	10	4.40 MDUPA	.. .	.....	
PDE	1995	02	13	040933.05	12.52	-81.54	33	4.70 MDUPA	.. .	.....	
PDE	1995	02	27	174001.61	12.49	-81.58	33	4.60 MDUPA	.. .	.....	
PDE	1996	11	18	154230.14	12.47	-81.54	10	4.70 mb GS	.. .	.....	
PDE	1997	12	14	023839.95	12.65	-81.34	5	3.70 mb GS	.. .	.....	
PDE	1998	09	17	222252.01	12.02	-81.62	33	4.50 MDUPA	.. .	.....	
PDE	1999	10	19	224327.70	12.31	-81.14	3	4.40 MDUPA	.. .	.....	
PDE	2000	10	04	053924.90	12.40	-81.53	0	4.40 MDCASC	.. .	.....	
PDE	2002	11	21	195358.78	12.18	-81.92	10	4.40 MDCASC	.. .	.....	
PDE	2003	03	06	081922	12.17	-81.95	41	4.20 MDCASC	.. .	.....	

Figura 29. Registro de sismos a partir de 1973, (USGS en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

Tabla 8. Sismos históricos sentido o registrados en San Andrés, en un área de 200 km alrededor de la isla (tomado de USGS, 2009 en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

Año	Mes	Día	Hora	Latitud	Longitud	Magnitud	Profundidad
1904	12	20	0544	8.50	-83.00	7,9	
1995	02	03	1746			5,3*	
1995	02	12	192641.07	12.49	-81.45	4,4	10
1995	02	13	040933.05	12.52	-81.54	4,7	33
1995	02	27	174001.61	12.49	-81.58	4,6	33
1996	11	18	154230.14	12.47	-81.54	4,7	10
1996	12	25	124531.24	11.85	-81.69	4,1	10
1997	12	14	023839.95	12.65	-81.34	3,7	5
1998	09	17	222252.01	12.02	-81.62	4,5	33
1999	10	19	224327.70	12.31	-81.14	4,4	3
1941	12	05	2047	8.67	-83.16		
1950	10	05	1610	10.35	-85.20		
2000	10	04	053924.90	12.40	-81.53	4,4	0
2002	11	21	025314.97	12.37	-82.22	5,8	7
2002	11	21	195358.78	12.18	-81.92	4,4	10
2002	11	22	101400.49	12.39	-82.09		10
2002	11	23	082127.13	12.35	-82.07	4,1	10
2002	12	05	181800.06	12.34	-82.11	4,3	10
2003	03	03	061215.79	12.37	-82.16	4,4	19
2003	03	06	081922	12.17	-81.95	4,0	41
2004	04	21	110130.50	11.75	-81.64	4,1	34
2004	04	29	175019.36	12.00	-82.07	4,3	10
2004	04	29	205809.19	11.87	-81.98	4,6	10

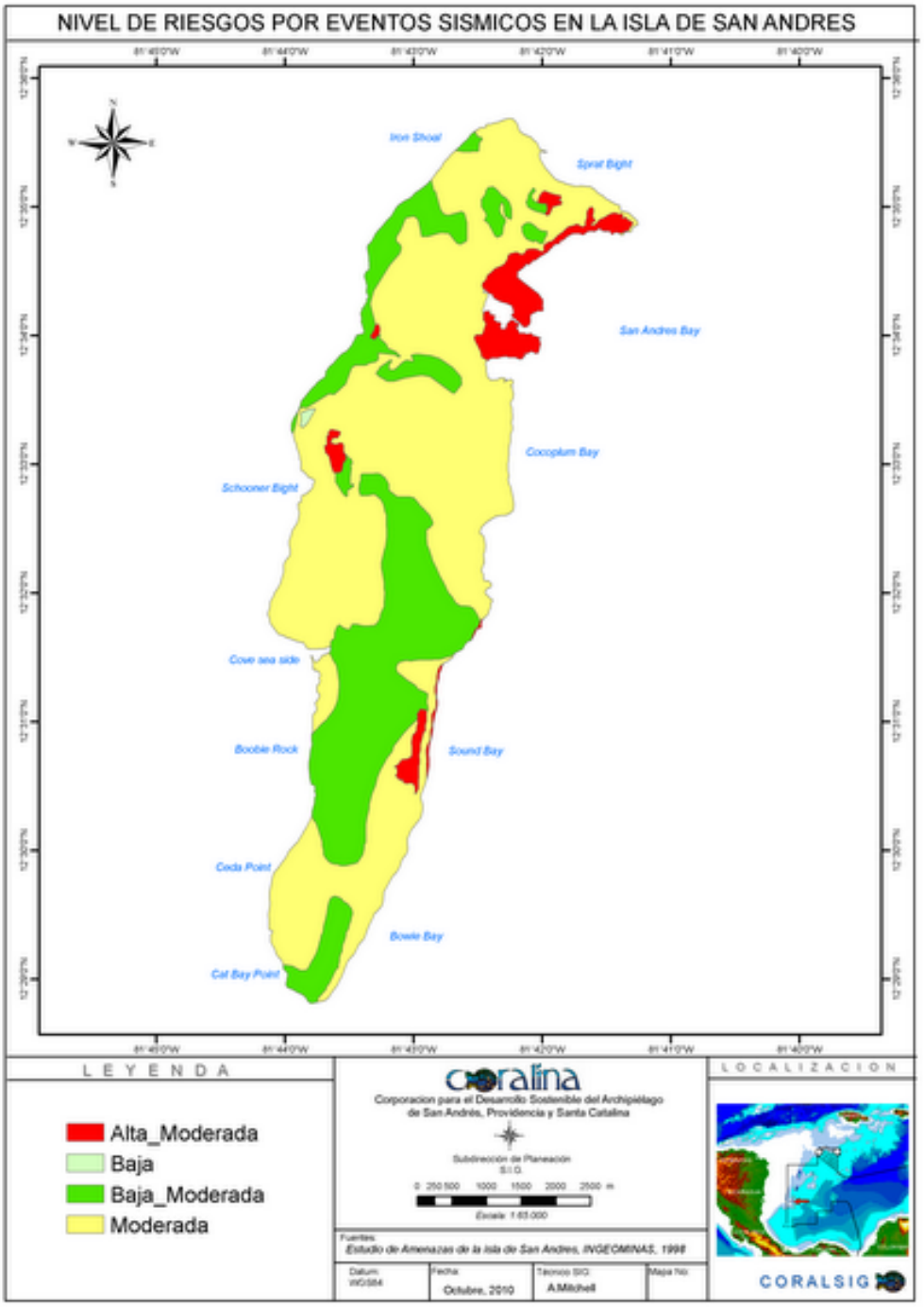


Figura 30. Mapa de nivel de riesgos por eventos símicos en la isla de San Andrés (tomado de INGEOMINAS, 1996 en SIG CORALINA).

2.4.4. *Tsunamis*

La historia de tsunamis en el Caribe cita algunos ejemplos históricos de los sismos en donde poblaciones como Port Royal en Jamaica, las Antillas Menores, las Islas Vírgenes, así como Panamá

o Costa Rica se han visto afectadas destruyendo parte de la población o afectado sus tierras (O'Loughlin & James, 2004 en Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2012).

También en las costas de Panamá y Costa Rica han impactado tsunamis en repetidas ocasiones, originados por eventos sísmicos ocurridos en el Cinturón Deformado de Panamá; de igual forma los efectos pudieron haber llegado a las costas de San Andrés (Geister & Díaz, 1997).

En el archipiélago de San Andrés y Providencia existen evidencias de tsunamis que no han sido registrados hasta ahora, y que consisten en grandes bloques de caliza que ahora se encuentran sobre la plataforma arrecifal del Sangamoniano, al occidente de la isla. Esto muestra que San Andrés es una isla que está expuesta al riesgo de tsunami, principalmente si éste procede del occidente donde no hay barrera arrecifal. Allí podrían llegar grandes olas, bloques y fragmentos de roca que impactarían la infraestructura urbana e inundarían las partes bajas.

Al norte y noreste la situación es más favorable gracias a la barrera arrecifal, en donde quedaría gran parte de la energía de la gran ola. Sin embargo persistiría el riesgo de inundación. El sureste, aunque tiene un arrecife franjeante, está igualmente en riesgo de sufrir el impacto de la ola y las inundaciones, ya que este arrecife está muy cerca de la costa y es muy somero.

El riesgo por tsunami en Providencia es mucho menor por cuanto la costa es montañosa en su costa oriente y norte está rodeada de una amplia barrera arrecifal; sin embargo, hay alguna infraestructura urbana y turística asentada en las partes bajas que podrían sufrir inundaciones.

2.4.5. *Erosión*

2.4.5.1. Procesos Erosivos en la Isla de San Andrés

A continuación se presenta la descripción de los segmentos que a lo largo del borde litoral presentan erosión costera en la isla de San Andrés y la longitud de afectación de las mismas, esta clasificación obedece a recopilación de información de campo de borde costero para el año 2013 y revisión de cartografía anterior realizada por el INVEMAR y CORALINA en 2007 y 2011 de las zonas erosionadas para la isla (Tabla 9).

Los procesos erosivos y sus evidencias en campo son variables de acuerdo al periodo climático evaluado y las implicaciones que cada uno de ellos trae con sigo, por lo tanto algunos lugares identificados con sedimentación o acreción, como lo es el caso del sector del sector de Fisherman Place, presentan procesos erosivos de clasificación alta durante los meses de diciembre y enero para años como 2009 y 2010, situación que no se evidenció el presente año.

Por otro lado las extensiones en longitud de las zonas de alta erosión, pueden verse disminuidas respecto a años anteriores debido a la intervención masiva de la bancada por medio de la construcción de muros en concreto, bolsacreto y rocas, los cuales a 2013, han enmascarado varias de las evidencias de erosión de sectores tales como Elcy Bar, Sound Bay, San Luis y vía circunvalar al occidente de la isla. Pese a lo anterior la presente clasificación logra integrar las caracterizaciones realizadas en años anteriores y la presente realizada en el año 2013 (Figura 31 y Mapa No. 1).

Tabla 9. Clasificación tipo de fenómeno y longitud para San Andrés isla.

Tipo de fenómeno	Longitud (m)
Erosión Alta	3567,2
Erosión Media	2895,3
Erosión Baja	3666,8
Sedimentación	378,1

Costa Occidental

El sector occidental de la isla de San Andrés, caracterizado por geoformas asociadas a la plataforma arrecifal del Sangamoniano, se encuentra sometida a la acción constante del oleaje y las corrientes marinas, que moldean las rocas carbonatadas, las cuales a su vez son afectadas por procesos de disolución, lo cual imprime en las formaciones rocosas su rugosidad característica.

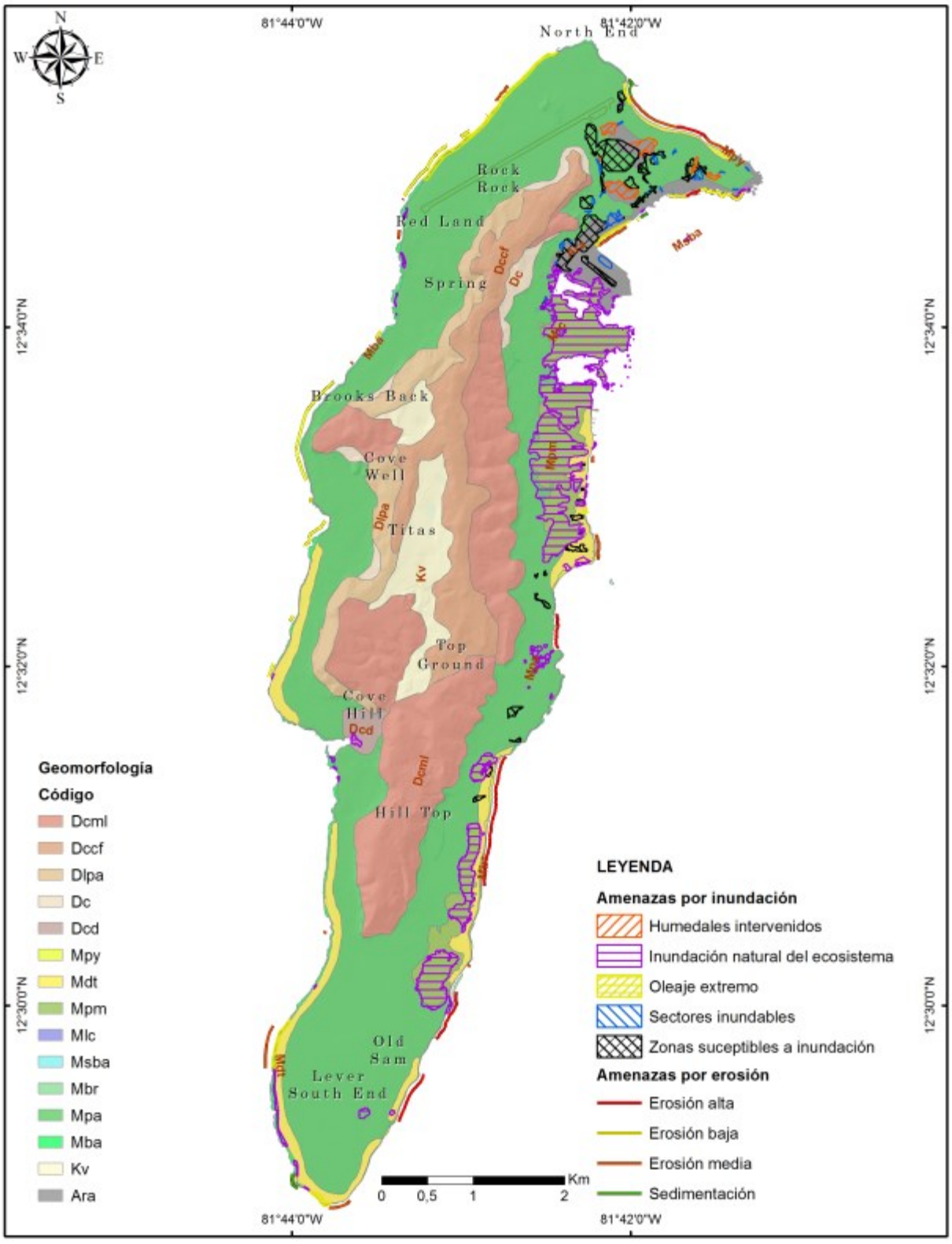


Figura 31. Geomorfología y amenazas (erosión) para la isla de San Andrés.

De acuerdo a informe de CORALINA (2010), desde el último trimestre del año 2008 y 2009 y primer trimestre de 2010 se ha venido evidenciando procesos erosivos de la línea de costa que han afectado obras estructurales como muros de protección y vías. Las causas de la erosión están determinadas fundamentalmente por factores naturales, como la litología, morfología y orientación de la costa con respecto al oleaje y por las características de éste. Entre las causas de la erosión provocadas por factores antrópicos fueron identificadas la perdida de vegetación natural y la alteración de la línea de costa por construcciones. Se evidencia que la destrucción de la costa, ocurre no solamente como consecuencia de la disolución, sino también debido al golpe mecánico, acompañado de la metralla con fragmentos de roca, arena y coral (Figura 32, Figura 33 y Tabla 10).

Los efectos de la erosión en estas áreas mostraron en su momento grandes franjas de la línea de costa desprovista de material vegetal y erosión de los taludes adyacentes a la vía principal, en algunos sectores se logró observar efectos de erosión al lado contrario de la vía, igualmente se observaron estructuras de contención comprometidas que habrían evitado en épocas anteriores el ingreso del mar a la zona continental, sin embargo las mismas fueron sobrepasadas por el oleaje y socavadas a las base.

Otros efectos de la erosión fueron evidenciados en la infraestructura del alcantarillado, en donde las tuberías en algunos sectores han sido expuestas, ya que el talud en el cual fueron ubicadas sufrió desprendimiento.

La documentación de dichos procesos erosivos consistió en la cartografía de las franjas afectadas, descripción de los efectos físicos y bióticos sobre la costa y se realizaron mediciones con el fin de cuantificar el área y volumen erosionados, de lo cual se concluyó por ejemplo que para 2009 hubo una afectación con un área aproximada de 7.644 m^2 y posiblemente una pérdida de material que ha sido removido de la costa de 320.835 m^3, con una afectación directa hacia la vía de principal y para 2010 estos valores incrementaron, con áreas de afectación aproximadas de 10.434 m^2 y posiblemente una pérdida de material que ha sido removido de la costa de 9.645 m^3.

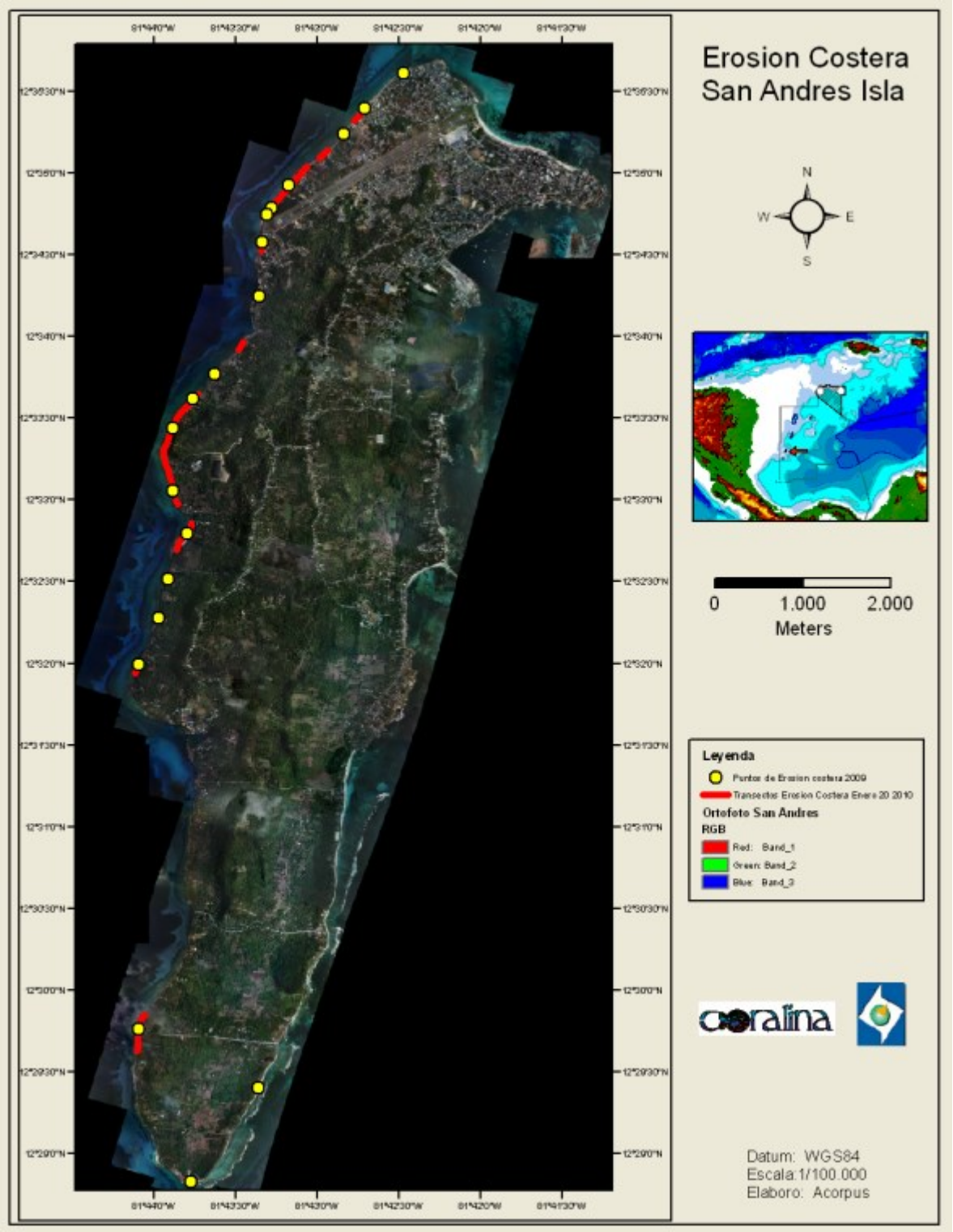


Figura 32. Mapa Erosión costa occidental 2010 (tomado de CORALINA, 2010).

Tabla 10. Levantamiento de tramos con erosión costa occidental (tomado de CORALINA, 2010).

Estación	Longitud (m)	Ancho promedio (m)	Área afectada (m^2)	Observaciones
1	25	3	75	Generación de taludes erosivos y remoción de suelo y rocas. Perdida de playa
2	203	3	609	Erosión remontante y afectación sobre vía pública y alumbrado, franja con mayor área de afectación que 2009
3	6	3	18	Afectación de muro de protección, franja con mayor área de afectación que 2009. Erosión remontante y afectación sobre vía
4	126	3	378	Erosión de la plataforma Coralina, perdida de cobertura vegetal, erosión de talud
5	20	3	60	Franja de terreno erosionado, perdida de cobertura vegetal, se observan arbusto recientemente resembrados
6	672	3	2016	Erosión de la base de una estructura de contención y perdida de vegetación
7	105	3	315	Erosión de la base de una estructura de contención y exposición de raíces y afectación del talud en carretera
8	12	3	36	Erosión de franja con afectación de infraestructura vial y de contención y perdida de cobertura vegetal
9	99	3	297	Erosión de franja con afectación de infraestructura vial y de contención y perdida de cobertura vegetal
10	23	3	69	Erosión de estructuras de contención y socavación de talud
11	1127	3	3381	Erosión de franja con afectación de infraestructura vial y de contención y perdida de cobertura vegetal
12	54	3	162	Erosión de franja con afectación de infraestructura vial y de contención y perdida de cobertura vegetal
13	355	3	1065	Franja de terreno erosionado, perdida de cobertura vegetal.
14	85	3	255	Erosión de franja con afectación de infraestructura vial y de contención y perdida de cobertura vegetal
15	146	3	438	Erosión de franja con afectación de infraestructura vial y de contención y perdida de cobertura vegetal
16	420	3	1260	Generación de taludes erosivos y remisión de suelo y rocas. Perdida de playa y cobertura vegetal

Estación 2 costa occidental en el año 2009.

Estación 2 costa occidental en el año 2010.

Estación 7 costa occidental en el año 2009.

Estación 7 costa occidental en el año 2010.

Estación 8 costa occidental en el año 2010.

Figura 33. Imágenes de tres sectores en erosión de la costa occidental de la isla de San Andrés para 2009 y 2010 (CORALINA, 2010).

Para efectos de verificar el estado y evolución de las áreas erosionadas y reportadas por CORALINA, en diciembre de 2013 se chequearon los puntos cartografiados, sin embargo en gran medida dichos puntos no presentan rasgos erosivos debido a la reciente intervención de la bancada por medio de su pavimentación de la vía circunvalar, realización de canales de agua lluvia, reconformación de taludes y construcción y ampliación de muros de contención (Figura 34).

Figura 34. Intervención en la bancada vía circunvalar (archivo personal Liane Gamboa).

Pese a lo anterior, a la cartografía realizada se adicionaran los nuevos puntos identificados y se ratificaron los que en la actualidad evidencian continuación de los procesos erosivos (Figura 35).

Estación 1 (La rocosa) 2013 Costa occidental

Estación 2 (La rocosa)

Estación 2 (La rocosa) 2013 Costa occidental

2013 Costa occidental

Figura 35. Imágenes de la costa occidental sector La Rocosa, en la isla de San Andrés (archivo personal Liane Gamboa).

Costa Norte, Sprath Bight

Estas playas han presentado grandes cambios antrópicos a lo largo del tiempo, muchos de los cuales están relacionados con intervenciones estructurales tales como construcciones de espolones, muros, vías, descargas de agua lluvia, rellenos de playa, eliminación de vegetación de playa entre otras y recientemente la construcción del paseo peatonal (Figura 36). Por otra parte, estas playas han sido modificadas también por la acción de fenómenos hidrometeorológicos extremos como tormentas y huracanes que han modificado su morfología, junto con los fenómenos temporales y periódicos como la acción de los vientos alisios que condicionan a lo largo del año la permanencia o no de los sedimentos.

Los sedimentos de los cuales se conforman estas playas son producidos en los fondos someros de la laguna arrecifal, principalmente en el lado oriental de la isla donde existen extensas praderas de pastos marinos (*Thalassia testudinum)* y alga calcárea (*Halimeda spp).* Se ha estimado que los esqueletos fragmentados de esta alga pueden ser responsables del origen de casi el 50% de la arena existente (Díaz, 2009 en FONADE y Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

Figura 36. Playas Sprat Bight en 1958 (Kielman, 1998 en FONADE y Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

En cuanto a las intervenciones antrópicas, a lo largo de los reportes históricos se encuentran evidencias de rellenos hidráulicos realizados con el material extraído de la profundización del canal de acceso en el año 1994, en donde según FONADE y Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2010a), se dispuso en las playas de Sprat Bight 20.000 m^3de arena.

Por otra parte la construcción de espolones a lo largo de estas playas, ha condicionado la acumulación o no de sedimentos a lo largo del año, de acuerdo al transporte litoral temporal, por lo cual es posible observar zonas de mayor o menor acumulación en las playas de acuerdo al periodo del año evaluado (Figura 37).

La playa de Sprath Bight, se encuentra fragmentada por el espolón Tiuna y relictos del espolón de *Jeno´s Pizza* en la parte central y se encuentra confinada al Nor-Occidente por el espolón del Pescadero y al Sur-Este por las estructuras de la antigua Fonda Antioqueña, actual Restaurante el Corral y por el paseo peatonal que ocupa las geoformas dunares preexistentes.

El espolón del Pescadero y la zona de la Fonda Antioqueña son considerados como puntos duros que conforman lo que se conoce como una playa morfológicamente encajada. La dinámica sobre la playa es impuesta por las características del oleaje que varían con respecto a la época climática y su efecto en las estructuras anteriormente mencionadas.

Figura 37. Playa de Sprat Bight (tomado de Google Earth 2008).

Espolón del Tiuna

Corresponde a una estructura rígida con longitud aproximada de 52 m, que en la actualidad está deteriorada, se encuentra entre dos tramos de playa, FONADE y Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2010), plantea que la estructura favorece la erosión de la playa, ya que crea claros procesos de reflexión del oleaje, por estar construida con parámetros muy verticales e impermeables. Adicionalmente su estructura se encuentra colapsada por la acción del oleaje.

En este documento también se menciona que geomorfológicamente, la estructura está apoyada sobre un saliente en la línea de orilla, una cúspide de playa, que aparentemente debe recibir aporte de sedimentos desde ambos lados, en función de la dirección de las corrientes predominantes y que en la zona antes no había playa sino afloramientos rocosos de estructuras coralinas. Se recomienda que la estructura sea demolida y reemplazada por un muelle apoyado en pilotes o vigas de madera (Figura 38).

Figura 38. Espolón del Tiuna (Archivo fotográfico CORALINA, 2009).

Espolón de Jeno´s Pizza

Estar estructura en la actualidad presenta gran deterioro, FONADE y Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2010), recomendó su eliminación para evitar interferencias con el sistema de transporte longitudinal de sedimentos, sin embargo aún se observa la misma y ha sido complementada con bolsones de arena (Figura 39).

Figura 39. Espolón Jeno´s Pizza (archivo personal Liane Gamboa).

Espolón del Pescadero

El espolón se ubica en proximidad a la caseta de la Cooperativa de Pescadores y al Este del Hotel Decamerón Maryland, en la actualidad presenta un gran deterioro y por lo tanto no está cumpliendo con su función. La estructura actual es de 100 m de longitud y altura de 0,5 m lo que la hace fácilmente revasable por el oleaje, de acuerdo con las mediciones realizadas por la Universidad del Norte en FONADE y Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa

Catalina (2010). En este documento también se propone su rediseño y ampliación tanto en longitud como en altura para realizar la protección integral de las playas de Sprath Bight.

En cuanto a las obras de peatonalización y conducción de aguas lluvias cuyos canales desembocan en las playas de Sprath Bight, estos han contribuido al mayor desarrollo de procesos erosivos y de contaminación marino costera.

El sistema de drenaje pluvial de la zona Norte de la isla de San Andrés que descarga en las playas de Sprath Bright está constituido por la descarga de siete (7) micro cuencas (Tabla 11 y Figura 40).

Tabla 11. Cuencas que descargan a las playas de Sprat Bright (tomado de FONADE y Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

Cuenca	Nombre	Área (ha)
C1	Aeropuerto	17.47
C2	IDEAM	1.75
C3	Américas	44.72
C4	Bahía Sardina	1.91
C5	Duarte Blum	4.16
C6	Costa Rica	3.4
C7	Providencia	4.8

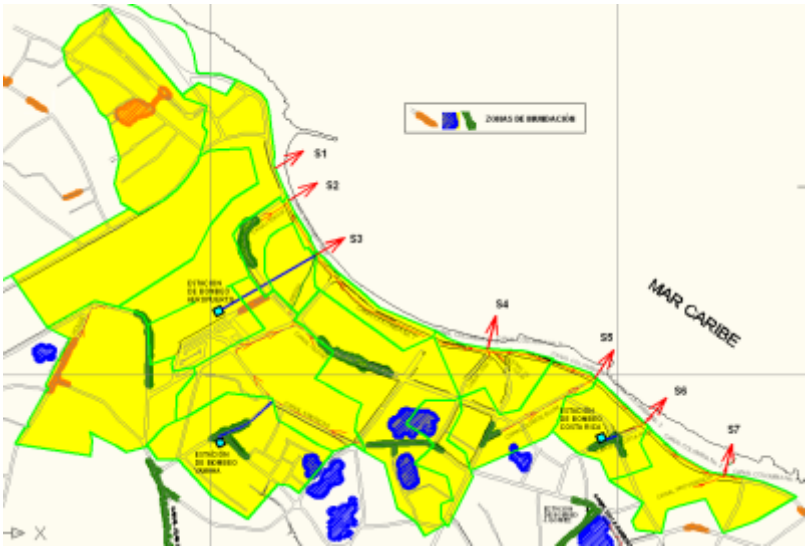


Figura 40. Cuencas y descargas hacia la playa de Sprat Bright en la zona norte de la isla. (Adaptado del Plan Maestro de Alcantarillado Pluvial de San Andrés - Consorcio Plan Vial Caribe, 2000 en FONADE y Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

Las descargas de agua realizadas por el sistema a las playas de Sprath Bight en muchos casos remueven los sedimentos acumulados hacia el mar y generan procesos de socavación en ciertas épocas del año, por otro lado en periodos de déficit de lluvia, se presenta el taponamiento de las estructuras con arena y residuos sólidos. Desde el punto de vista de calidad de agua estas fugas de agua contribuyen a la disminución de la calidad marino costera debido a que no cuentan con estructuras para la reducción de la carga contaminante hacia las playas, contaminantes asociados

a actividades urbanas como metales pesados, aceites y grasas, tóxicos, nutrientes y flotantes, entre otros (FONADE y Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

Evolución de la Línea Costera

El análisis de la evolución de la línea costera de las Playas de San Andrés, debe aclararse se ha realizado por medios que han permitido a escalas espaciotemporales de corto y mediano plazo, definir el funcionamiento del sistema dinámico de las playas, sin embargo para determinar escalas de tiempo mayores, es necesario contar por un lado con un mayor registro de imágenes en diferentes periodos estacionales al igual que la recolección de información de perfiles de playa con mayor y mejor continuidad y con la inclusión de la zona sumergida, información que en la actualidad no es registrada con la metodología utilizada por CORALINA para el monitoreo de perfiles de playa.

FONADE y Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2010a), realizo el análisis de reconstrucción de la línea de costa, a través de fotografías aéreas verticales correspondientes a los años 2004, 2005 y 2008, estableciendo el punto de máxima llegada del oleaje sobre la playa seca como la línea de costa; con este método se pudo establecer la evolución de la línea de costa, cálculo de los metros acumulados y/o erosionados.

Se concluyó en los resultados que a lo largo de este periodo de tiempo, la playa ha presentado un ligero aumento de su superficie (495 m^2), entre 2004 y 2005 y más significativo entre esta fecha y el año 2008, con un aumento de superficie de playa de 778 m^2, siendo el incremento total de 1643 m^2 (aproximadamente un 7,5 %).

La Figura 41 muestra la evolución temporal de la línea de costa por períodos consecutivos. Entre enero de 2004 y abril de 2005, la playa muestra una zona acrecionaria en el sector NW, una zona de transición con alternancia entre acreción y erosión en su zona central y finalmente una zona claramente dominada por procesos erosivos en el extremo SE.

En el siguiente período, entre abril de 2005 y febrero de 2008, el sector septentrional se muestra erosivo, continuando con una zona de transición similar al periodo anterior en la zona central. Por el contrario, el sector de playa entre los dos espolones, para este período es claramente acrecionario, mientras que al sur del espolón principal hay alternancia entre erosión y acreción.

En el tiempo transcurrido entre los años 2004 y 2008, el sector de playa situado entre el espigón y el extremo septentrional, se muestra claramente acrecionario, al contrario que el sector de playa situado entre este punto y el extremo meridional.

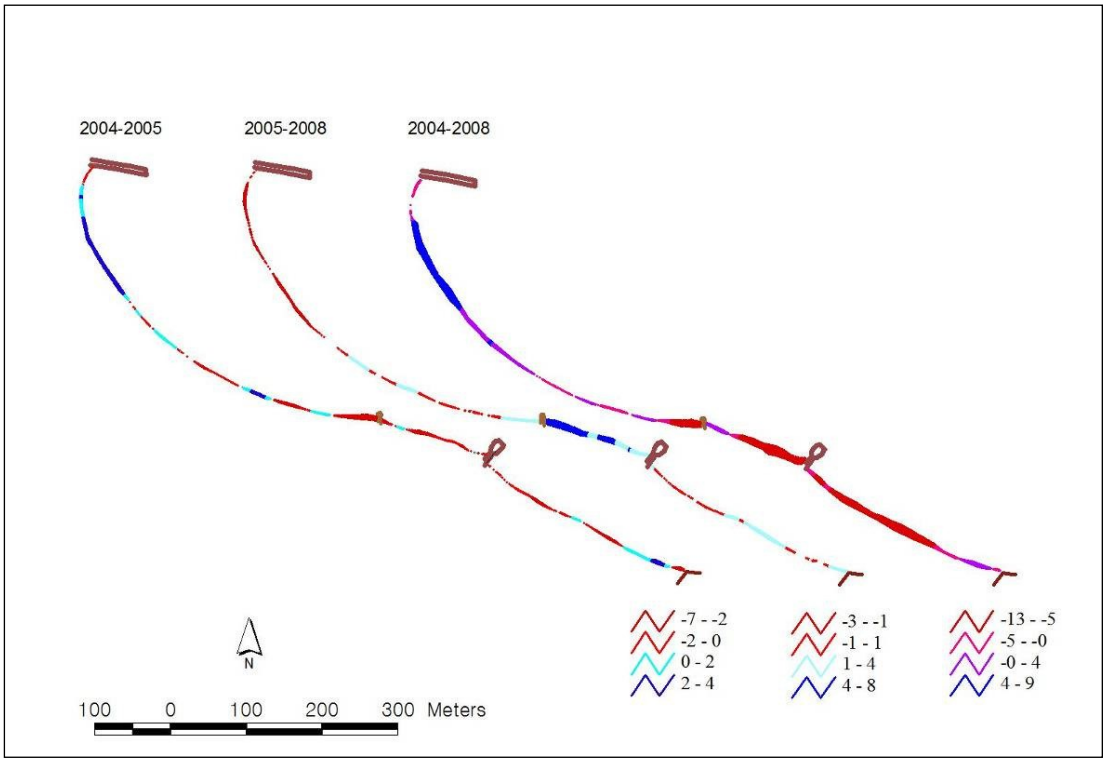


Figura 41. Evolución de la línea de costa (tomado de FONADE y Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

Entre 2004 y 2008 se aprecia como a unos 50 m al oeste del espolón y hasta el muelle de los pescadores un predominio de la acreción, siendo más intensa en la mitad septentrional. El sector de playa comprendido entre los dos espolones muestra el efecto que estos producen en la deriva litoral, especialmente en el menor de los dos, donde se puede apreciar como al oeste del mismo hay erosión, mientras que hacia el este predomina la acreción, aproximadamente en la misma medida. Sin embargo, tanto a levante como a poniente del espolón principal, los procesos erosivos son los predominantes, aunque hacia el extremo más meridional de este sector, coexisten ambos procesos con dominio de los erosivos. En conclusión, entre enero de 2004 y febrero de 2008, ha habido un incremento de la superficie de la playa en 1,643 m^2, los cuales se localizan fundamentalmente en el sector septentrional de la playa. El sector meridional por el contrario, muestra claros procesos erosivos, condicionados por la presencia de los dos espigones, que modifican la deriva litoral, actuando como trampas sedimentarias al transporte longitudinal de sedimento, especialmente el mayor de ellos (Figura 42) y que a lo largo del período de estudio analizado se ha mostrado como una trampa sedimentaria, reteniendo sedimento a la banda oeste del mismo, mientras que al este, la erosión resulta importante (Figura 43).

Figura 42. Evolución de todas las líneas de costa entre 2004 y 2008 (tomado de FONADE y Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

Figura 43. Acumulación de sedimento a barlovento y erosión a sotavento del espolón Tiuna.

CORALINA, por su parte cuenta con un sistema de monitoreo de playas para la isla de San Andrés que ha sido implementado desde el año 2000, y que se basa en la descripción y seguimiento de los perfiles de las playas. Para ello, la Corporación ha designado un total de 39 estaciones ubicadas en las playas de la isla de San Andrés en las cuales se estiman las variaciones del sustrato a partir de un punto de referencia preestablecido (punto de inicio). El método adoptado por CORALINA, se basa en los protocolos del programa internacional COSALC (Coast and Beach Stability in the Caribbean) a través del cual se busca estandarizar los monitoreos de las playas en diferentes islas del Caribe (CORALINA, 2012) (Figura 44).

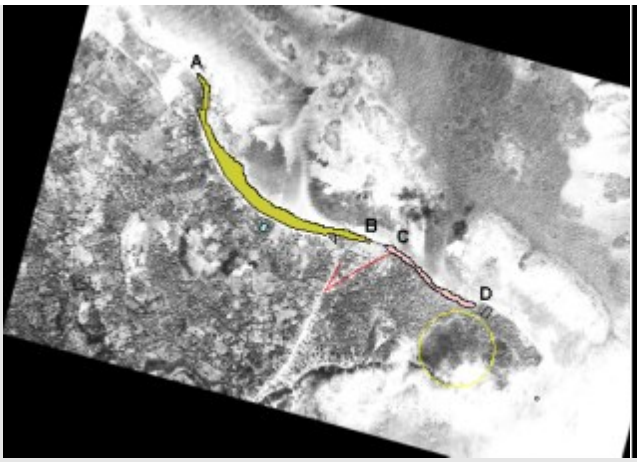
Punto	Estación
1	1,acuar
2	3,acuar
3	5,acuar
4	8,elsy b
5	9,elsy b
6	10,tom ho
7	11,tom ho
8	12,sound b
9	13,sound b
10	14,yellow m
11	15,rocky c
12	15A,rocky c
13	16,la mansi
14	17,port view
15	18,ferr scat
16	19,sunrise
17	20,casa cul
18	21,coop lan
19	22,dircola
20	23,casabla
21	23A,unicar
22	23B,sam
23	24,bingo
24	25,cai
25	26,tone
26	26A,club ten
27	27,isleño
28	27A,defen ci
29	27B,desagüe
30	28,igac
31	29,mary la
32	30,coop pes
33	31,sarie bay

Figura 44. Localización de estaciones de monitoreo de playas (Orozco 2005, en CORALINA, 2012).

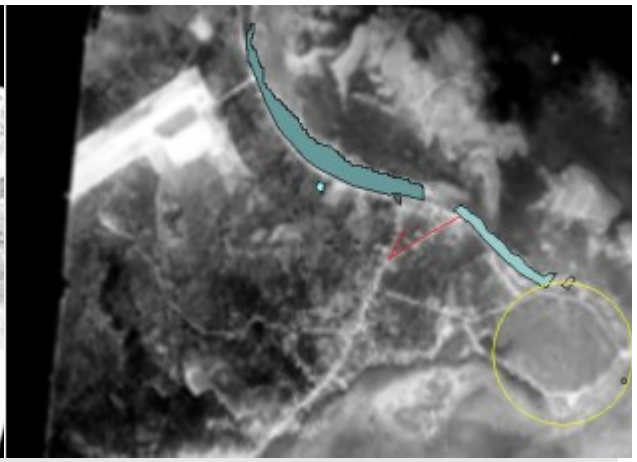
En el análisis reportado por CORALINA (2006), se procesaron fotografías aéreas para evaluar los cambios ocurridos en el litoral durante los años 1944, 1956, 1984,1990, 1996 y 1997 e identificar las playas sobre las cuales se realizaron los perfiles y establecer las zonas de comparación; debido a la falta de material para un análisis multi-temporal de toda la isla, el estudio se centró específicamente en la zona norte.

Para 1944 la región norte de la isla ya contaba con una vía carreteable aparentemente con las mismas dimensiones que la actual avenida 20 de Julio y carretera circunvalar, en cuanto al sistema de playas, se registran dos secciones entre el actual Pescadero (A) y el Hotel Tiuna (B), y entre el Hotel Calipso Beach (C) y la Fonda Antioqueña (D) (Figura 45). La Secciones I y II se amplían con el consecuente incremento de las zonas de playa. En 1984, el índice de ocupación supera el 60% del área total, no se evidencian zonas verdes y se ha consolidado un centro urbano y turístico. Es importante mencionar que para esta fecha se han construido dos espolones, el primero en

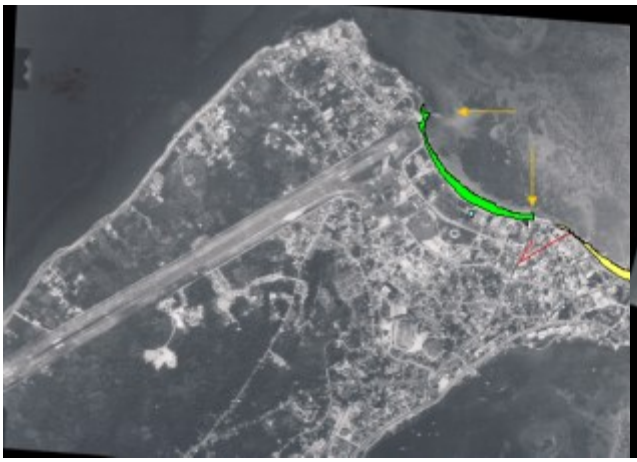
frente de la Cooperativa de pescadores y el otro frente al Restáurate *Jeno's Pizza*. Se evidencia un proceso de separación de las Secciones I y II, el afloramiento de litoral rocoso en el área, y solo se ve una mayor acumulación de arena en los extremos internos de la bahía. También se registra el estrechamiento de la Sección II (Figura 45). En 1990, aparecen nuevos sistemas de playas propiciados por la construcción de un nuevo espolón frente al Hotel Tiuna. Como se observa en la imagen, la franja de arena (Sección III) que surge entre las Secciones I y II, amplia el espacio público para el sector turístico (Figura 45). Finalmente, en 1996 no se evidencian cambios bruscos en las dimensiones de las playas (Figura 45).



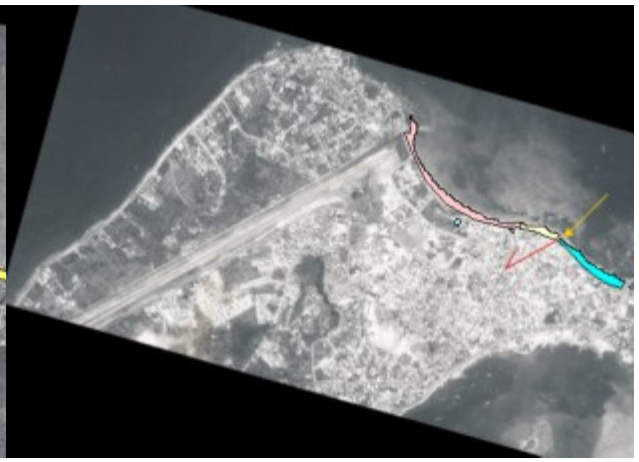
A - Fotografía aéreas tomada en 1944



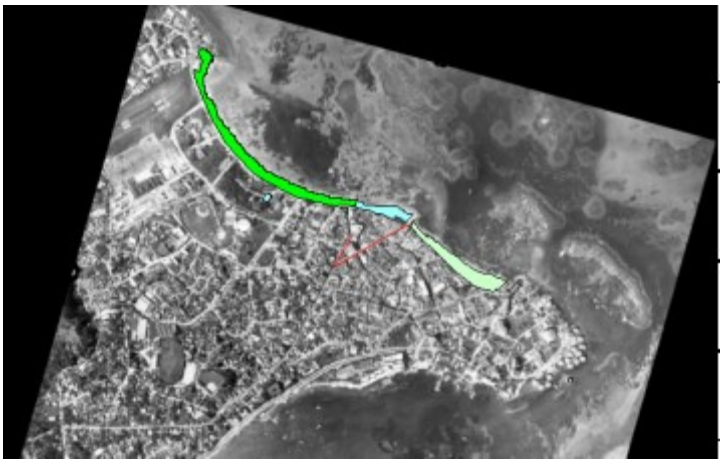
B - Fotografía aéreas tomada en 1956



C - Fotografía aéreas tomada en 1984



D - Fotografía aéreas tomada en 1990. La flecha de color ocre señala la localización del nuevo espolón.



E- Fotografía aérea tomada en 1996. La flecha de color ocre señala la localización del nuevo espolón

Figura 45. Cambios ocurridos en el litoral durante los años 1944, 1956, 1984,1990, 1996 y 1997 (tomado de CORALINA, 2006).

En términos generales, se concluyó con este análisis que durante las últimas tres décadas la intervención de las playas con interceptores de sedimentos como espolones, no ha propiciado un avance significativo del ancho de la playa, y por el contrario en algunas zonas se observa un retroceso de la misma; aunque cabe resaltar que la aparición y mantenimiento de la Sección III se ha logrado de manera artificial (Figura 46).

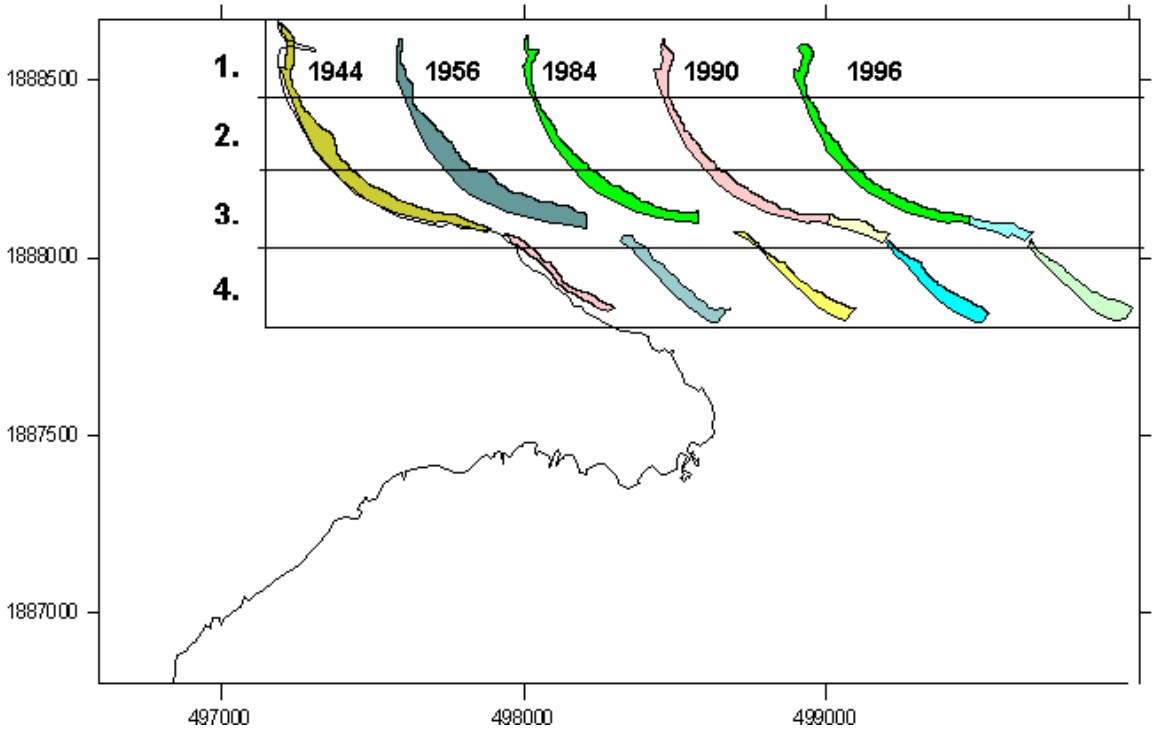


Figura 46. Evolución histórica de la playa Sprath Bight 1944-1996 (CORALINA, 2006).

En cuanto al análisis de perfiles de playa, CORALINA subdividió las playas por zonas, el sector de Sprath Bight, está representado en el monitoreo como zona 2, desde las playas de North End hasta la casa de la cultura hasta la los Almendros y la zona 1 conformada por los islotes (Rose Cay y Johnny Cay).

Análisis 2000-2005

Los perfiles que alcanzaron mayor longitud total se registraron en Johnny Cay, seguidos por haynes y Rose Cay respectivamente, en el sector norte, uno de los valores más altos se registró en la "Cooperativa de Pescadores" debido al efecto del espolón que se extiende aproximadamente 120 m en dirección SW; de igual manera las playas de mayor extensión se encontraron frente a los hoteles "Isleño" y "Tone", localizados en la región central de la bahía; se determinó una disminución marcada de la longitud total en la estación "Avianca", justo cerca al espolón ubicado en la esquina del hotel Tiuna. Finalmente se observa un incremento de la longitud entre "Dircolasser" y la "Cooperativa de lancheros" marcando el extremo posterior de Sprath Bight.

Las demás estaciones corresponden al extremo protegido del sector, en donde existe una incidencia menos marcada de las corrientes marinas y los lugares de acumulación son generalmente pequeñas bahías (Ej. "Casa de la Cultura") producto de rellenos hidráulicos (Ej. "Ferretería Santa Catalina"). No obstante, las playas de mayores dimensiones se reportan para la estación "Sunrise" y "Port view" (Figura 47).

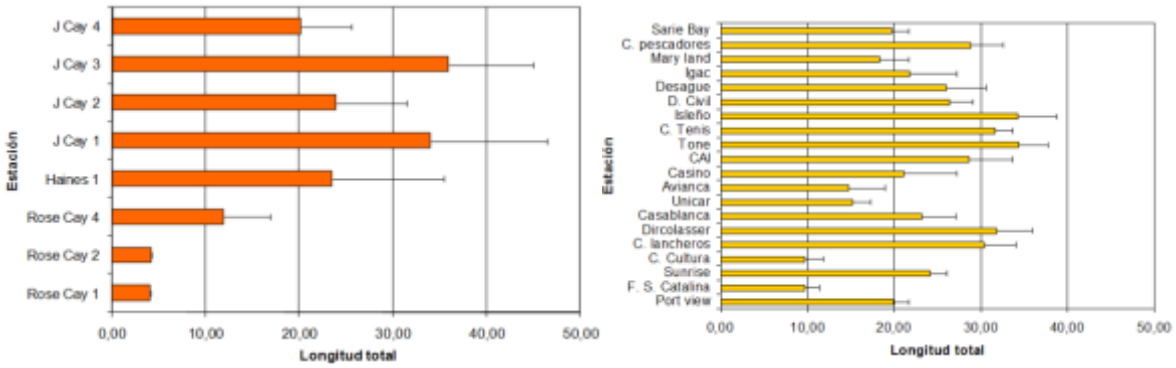


Figura 47. Longitud promedio estaciones en Johnny Cay, Haines Cay, Rose Cay y norte.

En cuanto a la variación de la pendiente relacionada con la inclinación media que presenta la playa en diferentes unidades de tiempo, para los perfiles realizados en los cayos, la pendiente más pronunciada se encontró en la estación "haines 1" (Figura 48), el sector norte no tuvo variaciones drásticas de la pendiente; sin embargo, la matriz rocosa y las zonas de acantilados asociados a la estación Sarie Bay inciden de manera significativa en su alta inclinación, las estaciones "Desagüe" y "Unicar" están bajo la influencia de flujos del alcantarillado pluvial, convirtiéndose en modeladores activos del relieve de los depósitos sedimentarios (Figura 48).

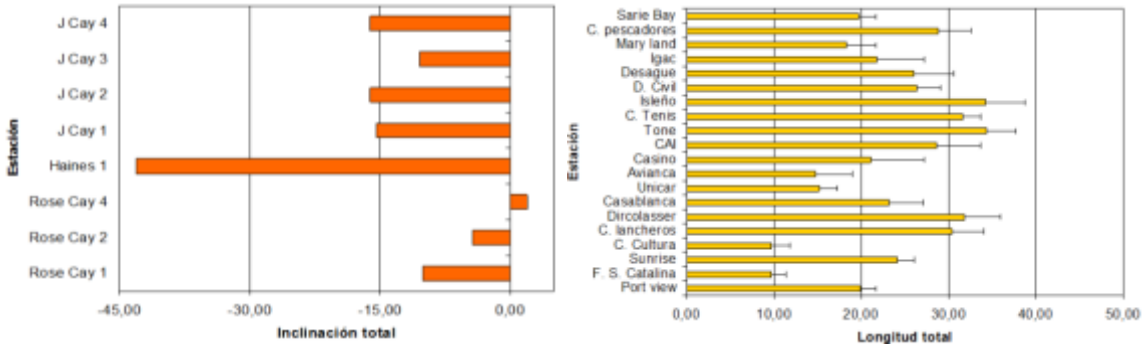


Figura 48. Inclinación promedio de las estaciones Johnny Cay, haynes Cay, Rose Cay y sector Norte.

En general la longitud total de las playas no varió significativamente entre los años de estudio o los periodo de monitoreo, pero si entre sectores. Se pudo determinar que las playas del sector Sur presentaron un longitud total relativamente mayor comparado con las estaciones del Norte y los Cayos. Además, la inclinación de cada perfil mostró una alta variabilidad y fue definitivamente superior.

Se observa una tendencia clara de disminución de la pendiente a partir del 2001, siendo este el año más atípico del monitoreo pues presentó un valor promedio relativamente superior y a partir del mismo se observa una tendencia de disminución tanto en la inclinación como en el número de niveles de la playa.

Todas las variables analizadas indican una relativa estabilidad de los depósitos costeros en la isla durante los años evaluados.

Análisis 2008-2011

Las longitudes de las playas de Rose Cay variaron relativamente poco en los monitoreo del 2008, 2009 y 2010. Durante el 2011 se observó similar comportamiento de la longitud de los perfiles en el islote, los dos perfiles monitoreados se puede decir están aumentando en las épocas de transición y que las variaciones encontradas son influenciadas por los cambios en las mareas, más que por el movimiento de los sedimentos (Chow 2001 en CORALINA, 2012) (Figura 49).

En el caso de los perfiles de playa de Johnny Cay se pudo observar gran variación entre los monitoreos y de manera general una disminución en área transversal, de la playa sin embargo sus valores de longitud fueron los más altos de los registrados en los islotes en los monitoreos del año 2011. La diferencia del área transversal es debida a que la diferencia entre el las pendientes y número de tramos dentro del perfil variaron con respecto a los años anteriores, es atribuible a que la dinámica del año fue muy alta y la acumulación de sedimentos fue menor.

Respecto a lo anterior, el comportamiento es similar a lo observado por Orozco (2005) en CORALINA (2006), Abril (2006), Abril y Bolaños (2007, 2008, 2009 y 2010) en CORALINA (2010). En esta zona se observa una fuerte dinámica y adicionalmente según Chow (2001) en CORALINA (2012) se evidencia un fuerte movimiento de arena en toda la zona, el cual puede verse reflejado en las variaciones de las longitudes en estos perfiles de playa. Esta situación se observa desde hace varios años, como lo reporta Chow (2001), en la línea base. Aunque estas variaciones están influenciando las longitudes de los perfiles, parece ser que la fuerte dinámica de la arena, no

genera fuertes procesos erosivos, pues no se observa en el promedio de varios años una gran pérdida de longitud de la playa, por ejemplo entre los años 2006, 2008, 2009, 2010 y 2011, a excepción del perfil Johnny Cay 4 que presento una alta longitud promedio en el año 2008 (Figura 49).

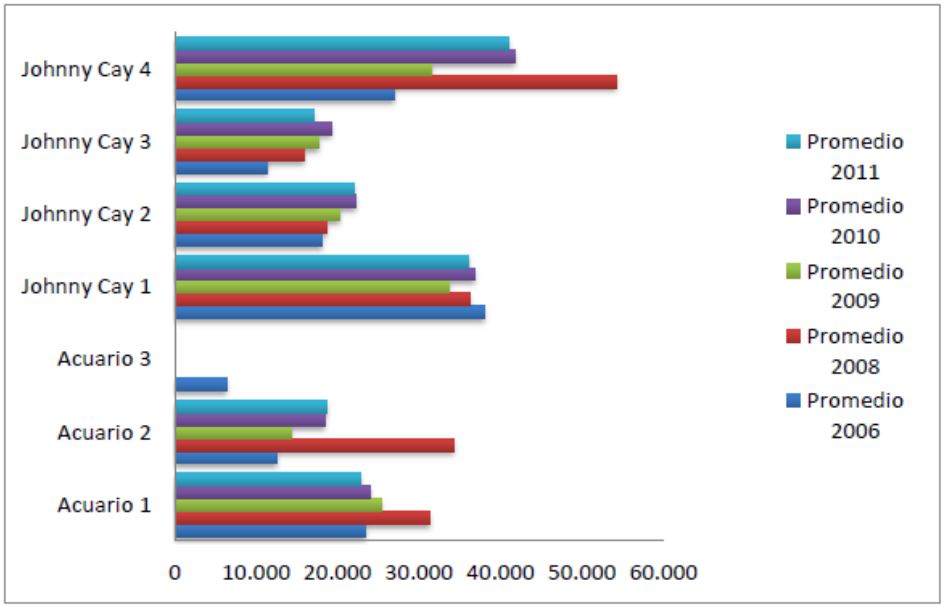


Figura 49. Promedios de longitud de playa zona 1, desde 2006 hasta 2011.

Respecto a la Zona 2, el monitoreo se realiza por medio de datos de 20 perfiles. En comparación del año 2010 donde se presentó un fuerte evento de erosión en los perfiles noroccidentales específicamente el caso de los perfiles de defensa civil, Desagüe e IGAC los cuales fueron afectados por una fuerte y extensa época climática con vientos de ENE se observó que durante el 2011 las longitudes del perfil fue más estable y sobretodo se observa que el promedio de IGAC y Desagüe se encuentran cercanos a los promedios históricos del perfil lo que es evidencia que año anterior tuvo un comportamiento atípico (Abril y Bolaños, 2010). Al igual que en el caso anterior, los perfiles que mostraron una acreción alta en sus promedios en el 2010 (Cooperativa de Lancheros, Espolón del Tiuna y Bingo) en el 2011 mostraron que los promedios se acercaban más a los promedios históricos de estos perfiles (Figura 50).

Adicionalmente es importante recalcar que las condiciones extremas de eventos climáticos se han repetido desde años anteriores (Abril y Bolaños, 2009) y durante el 2010 se observó estas condiciones con una mayor magnitud (Ver anexo fotográfico) dando como resultado que los procesos erosivos normales en las playas presenten mayor impacto en los puntos cercanos al espolón de la Cooperativa de pescadores (IGAC, Desagüe y Defensa Civil).

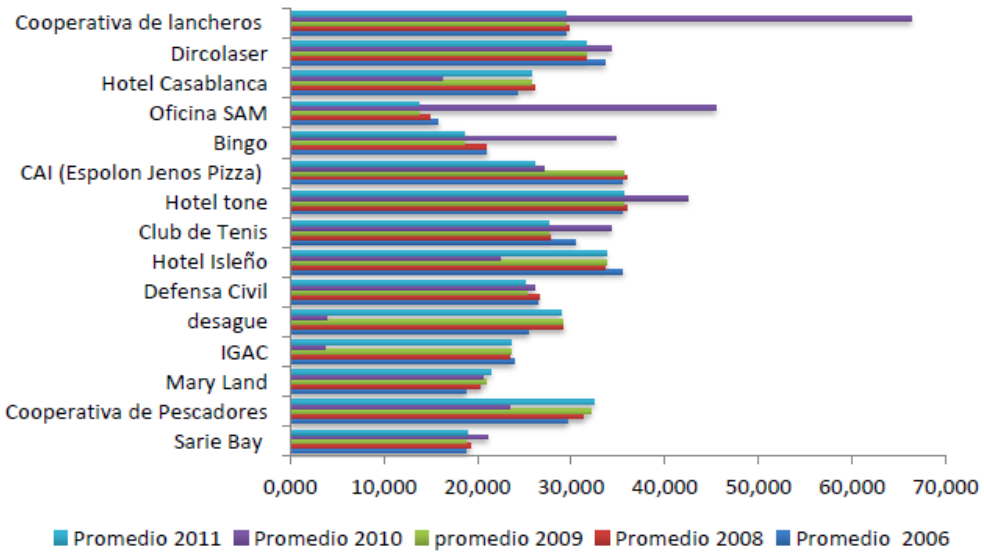


Figura 50. Promedios de longitud de playa zona 2, desde 2006 hasta 2011.

Para 2011 se observaron los procesos de acreción y erosión de la bahía, similares a los años anteriores, durante este año las variaciones climáticas que rigen en el Archipiélago, generaron el evento de basculamiento más leve que el año anterior. Durante este monitoreo se evidencio el comportamiento similar que los años anteriores con una menor magnitud que el año anterior en los perfiles de Desagüe, IGAC y Defensa Civil los cuales son afectados por el proceso erosivo de la corriente en estas épocas. Adicionalmente la falta de vegetación playera ha generado una pérdida de sedimento ha incidido en la erosión de los cimientos de los muros de la vía peatonal, esto se refleja en estos tres perfiles.

Sectores afectados por procesos erosivos:

Para efectos de evidenciar los comportamientos acrecionales o erosivos descritos por los autores, se realizó una recopilación fotográfica multitemporal de las áreas críticas del sector de Sprath Bight, por medio de las cuales se evidencia claramente la temporalidad de los procesos de sedimentación y erosión. Adicionalmente se realizó la revisión de los tramos de erosión respecto a las condiciones actuales con el fin de actualizar y complementar la cartografía de procesos erosivos (Mapa No. 1).

Sarie Bay

En el Anexo 1, se puede observar un registro del punto Sarie Bay donde se ha desarrollado a lo largo de los años una pequeña playa, objeto de la dinámica estacional, durante la cual se presenta gran variación del ancho y largo y exposición de tramos de borde costero arrecifal. En los meses correspondientes a la temporada lluviosa y los meses de afectación de los vientos Alisios, se presentan procesos erosivos que alcanzan la vía circunvalar e inestabilizan la vegetación costera.

Hotel Isleño y Club Náutico (Frente a Freskito)

En el Anexo 1, se logró recopilar varios años de afectación de estas playas, que si bien en la actualidad se encuentran en buenas condiciones y con amplias zonas de acreción, han sido objeto de drásticos efectos erosivos que han obligado a la entidades estatales a realizar talas masivas de cocoteros por el peligro que representan al exponerse sus raíces por fenómenos de erosión como los presentados en 2010.

Canal desagüe Humedal

En el Anexo 1, se evidencia claramente la afectación de esta área por los procesos de descarga de aguas lluvias a las costa, ya que de forma temporal en periodos lluviosos la zona es erosionada y posteriormente se recupera obstruyendo las desembocaduras de las estructuras.

Sector Pescadero

Este tramo corresponde a un sector crítico que de igual forma, como obedecen los procesos en esta playa está condicionado por las variaciones estacionales, sin embargo pese a que en la actualidad se observa una ancho de playa significativo, en periodos críticos los efectos del oleaje y de los vientos destruyen el paseo peatonal, teniendo que la administración departamental anualmente corregir el adoquinado e incluso hacer algunas acciones de rediseños de muros (Anexo 1).

Antiguo Jeno´s Pizza

El punto de referencia de este sector es el espolón conocido con este nombre, al cual se le atribuye la interceptación del transporte de arenas haciendo que se desarrollen mayores procesos erosivos, en la actualidad presenta grandes evidencias de erosión, con taludes expuestos de más de 50 cm de altura que están afectando las obras blandas realizadas por la administración, incluyendo los pasajes en madera que han perdido sus bases (Anexo 1).

Espolón Tiuna

De una forma muy similar al anterior caso responde esta estructura dura y deteriorada, que en ciertas épocas del año logra la acumulación de sedimentos, sin embargo en la actualidad el sector se encuentra en una fase erosiva, ya que se evidencian estructuras antiguas expuestas que hacían parte de la vía reemplazada por la peatonal y franjas de borde arrecifal costero (Anexo 1).

Sector Sunrise

Se evidencia en este sector la conformación de un ancho de playa artificial conservado por medio de muros en bolsones de arena, como consecuencia de los procesos erosivos que se han venido presentando a lo largo de los últimos años, en donde el ancho de esta playa artificial se vio reducido y la perdida de cocoteros (Anexo 1).

Johnny Cay

El cayo Johnny Cay se caracteriza por un gran dinamismo en los procesos de erosión y depositación, durante los periodos erosivos se reduce ampliamente el ancho de las playas y se exponen estructuras duras del equipamiento de servicios del cayo. En el mosaico de fotografías del Anexo 1 se puede observar la exposición de la caseta de primeros auxilios del cayo, en conjunto con la perdida de soporte de las palmeras aledañas.

Costa Sur Oriental

Posada y Guzmán (2007) identificaron erosión en la zona en la Vía Circunvalar que comenzó en el año 2000 posiblemente influenciado por el ascenso del nivel medio del mar y la posible intensificación de la intensidad de los oleajes extremos, asociada al cambio climático. Por otro lado se plantea que la degradación de los corales, con un aumento importante de su mortandad e incluso el deterioro físico de la barrera arrecifal exterior de la isla, que se encuentra fragmentada e interrumpida en algunos tramos frente a las playas objeto de estudio, son unas de las principales razones de la erosión costera.

En cuanto a las condiciones geológicas, se plantea también que el basculamiento tectónico de San Andrés, que se presenta hacia la margen oriental comenzó ya en el Mioceno tardío. Desde entonces, el área de May Cliff, en el lado occidental de la isla, se ha levantado cerca de 500 m, lo que correspondería a una tasa promedio del orden de 5mm cada 100 años y la evidencia es clara en el sentido de que el basculamiento de la Isla continúa hoy con el mismo orden de magnitud que en el Mioceno tardío (Geister & Díaz, 1997) (Geister, 1975 y 2007 en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

Otros estudios anteriores hacen referencia a que los fenómenos de erosión costera se han presentado por las modificaciones antrópicas de la zona costera, especialmente la extracción de grandes cantidades de arena para la construcción y la ocupación física del territorio por la Vía Circunvalar y las edificaciones en la zona inconsolidada a borde costero.

En cuanto a la extracción de arena durante el dragado que realizó la draga "Colombia" en la profundización del canal navegable de acceso al puerto de San Andrés a finales de1993, el material dragado fue acopiado y posteriormente distribuido a varías de las playas de la isla. El 27 de enero de 1994, la Gobernación del Archipiélago de San Andrés dispuso que entre las playas contempladas estuvieran la de Sound Bay con 20,000 m3distribuidos en 1,000 m de longitud, acción que se realizó durante el transcurso de1994 (en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a) (Figura 51).

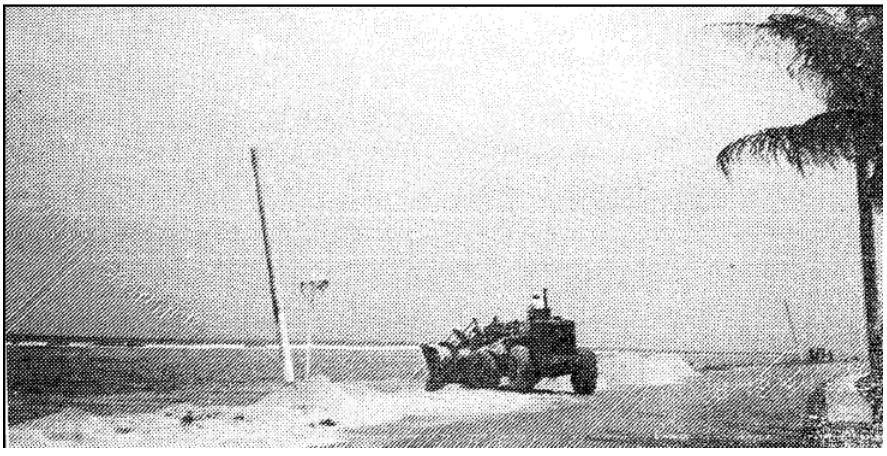


Figura 51. Relleno de Playa Sound Bay 1994 (tomado de en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

Adicionalmente se plantea que la introducción del cultivo de palmeras cocoteras desde inicios del siglo XIX, modificó la dinámica de los arenales y el nivel freático en la zona, la alteración de las zonas de manglar aledañas a dichos arenales y deterioro de la barrera arrecifal, lo cual hace que el oleaje llegue con más fuerza afectando las playas y la Vía Circunvalar.

En cuanto a estructuras rígidas como espolones, se encuentran diversas de ellas a lo largo de esta zona, que han sido construidas de forma no planificada y artesanal, tal es el ejemplo frente al Hotel San Luis – Decamerón, donde existen los fragmentos de dos espolones, construidos con anterioridad al 2003 (tomado de Ossa, 2004 en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a) (Figura 52).

Evolución de la línea costera:

FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2010a), platea que las playas de Sound Bay al Sureste de la isla de San Andrés, han presentado en el transcurso del tiempo importantes cambios antrópicos para lograr lo que es hoy una playa interrumpida entre la Iglesia Católica de San José (K21+440) y el K17 de la Vía Circunvalar. Las principales acciones corresponden a la construcción de la Vía Circunvalar en 1953, la extracción de arenas para construcción que se realizaron al Oeste de la Vía Circunvalar entre K16 y K20, el relleno hidráulico de la playa que se realizó en 1994 y la construcción de dos espolones frente al Hotel San Luis-Decamerón.

Figura 52. Espolones Hotel Decameron (tomado de en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

En el sector Sureste de la isla de San Andrés, se empezó a evidenciar en 1970 un proceso de erosión de algunas playas, lo cual se reflejó al deterioro de la Vía Circunvalar en algunos tramos. Para disipar los efectos de la erosión costera sobre a Vía, en el sector K17 a K19, el Ministerio de Transporte realizó obras puntuales de protecciones costeras, conformadas por muros en concreto

y piedra, los cuales con posterioridad fueron gradualmente reemplazados en algunos segmentos por muros en bolsacreto de mayor resistencia al acción del oleaje (Figura 53).

Figura 53. Muros en bolsacreto localizados en Sur este (archivo personal Liane Gamboa).

En general en la zona oriental de la isla se ha evidenciado a lo largo de los años, diversos rasgos erosivos tales como escarpes de playa o tormenta, que documentan el avance de las olas durante eventos extremos y dejan escalones en las playas de hasta 1,20 m de alto con apariciones variables en el tiempo, palmeras desarraigadas, la banca de la Vía Circunvalar y las obras de protección semi-destruidas.

INGEOMINAS (1996) en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2010), realizó una aproximación multi-temporal de la línea de costa en donde encontró que el sector entre la iglesia de San José de San Luis (K21+400) y Tom Hooker (K19), eran de acreción costera, con un área de estabilidad localizada entre el cementerio de San Luis (K20+400) y el Decamerón – San Luis (K20+200), tomando como base fotografías aéreas de 1944, 1974, 1984 y 1996 (Figura 54).

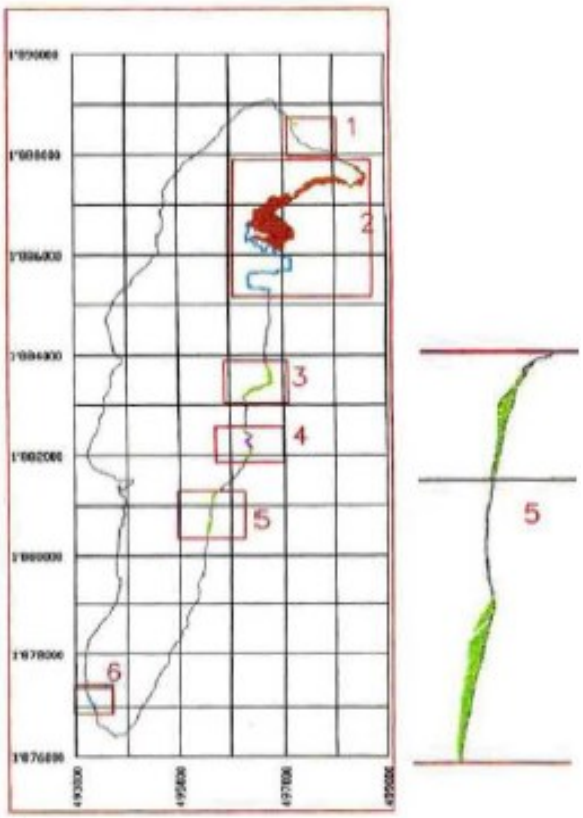


Figura 54. Cambios de la línea de costa entre 1944 y 1996 (INGEOMINAS, 1996 en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

En el mismo documento FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2010ª), realizó otro ejercicio en el cual se trazó la línea de costa sobre las fotografías aéreas del IGAC de 1990 (vuelo C 2420, escala 1:8.600) y se marcó la línea de costa de la imagen de Google Earth de marzo de 2008. Estas dos líneas se compararon entre sí, con resultados tales como que la línea de costa de 1990 muestra que ha habido erosión hasta el punto de descubrir completamente las beach rock preexistentes; sin embargo, el mapa geomorfológico sólo muestra erosión en los alrededores del K17, donde la banca de la Vía Circunvalar sufrió daños severos. Esta situación sugiere que el borde arrecifal costero también ha estado retrocediendo y sin embargo, no se han sentido los daños sobe la estructura de servicios o urbana, ni sobre la vegetación, por lo que ha pasado desapercibida (Figura 55).

Según el análisis, la zona de Tom Hooker también ha sufrido retroceso desde el año 1990 (Figura 56); es mayor al Sur del K18, en donde también se observa descubierta la beach rock. En la bahía próxima a la vía de ingreso a Tom Hooker, el retroceso ha sido mucho menor, sin embargo en toda esta zona se registran actualmente procesos erosivos, principalmente asociados a las obras de protección de la vía allí existentes. La beach rock tiene alta presencia y muestra el retroceso histórico de la línea de costa, que sin embargo no es alto. Hacia la bahía de SmithChannel la diferencia entre las líneas de costa de 1990 y 2008 es muy pequeña, no se han registrado procesos erosivos marcados y sin embargo la beach rock está descubierta en la zona intermareal.

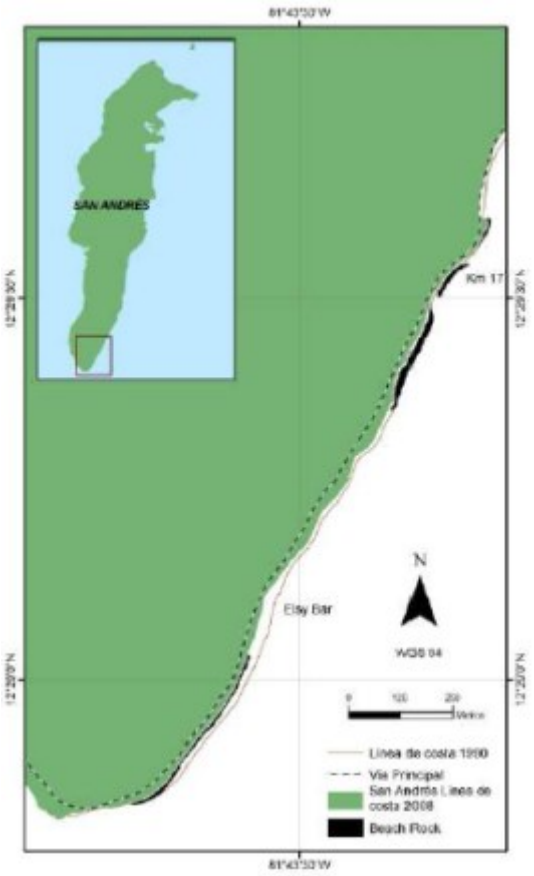


Figura 55. Evolución de la línea de costa en el sector de Elcy Bar y K17 (1990 y 2008).

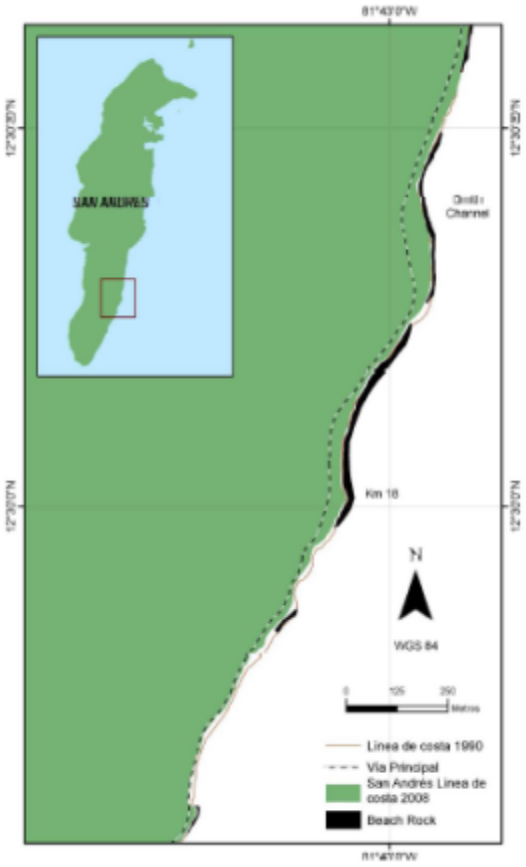


Figura 56. Evolución de la línea de costa en el sector del K8 y Smith Channel (1990 y 2008).

Para la parte Norte, la diferencia entre ambos años es muy baja, aunque se acentúa un poco en los alrededores del cementerio (Figura 57), donde la Vía colapsó. Hacia Sound Bay sobresale la línea de 2008 con respecto a la de 1990, a pesar de que se encontraron edificaciones destruidas o muy golpeadas por el mar y por tal motivo, en el mapa geomorfológico toda esa playa aparece reportada con procesos erosivos.

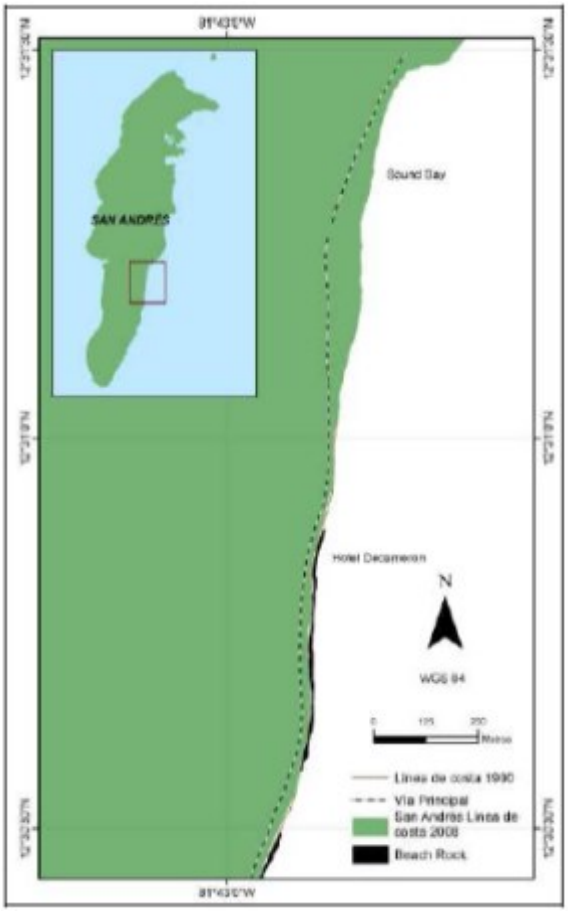


Figura 57. Evolución de la línea de costa en el sector del Hotel Decameron- San Luis y Sound Bay (1990 y 2008).

Adicionalmente en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2010a), se muestra la modelación de la evolución de la línea de costa se a partir de los orto fotogramas obtenidos de *Google Earth*, correspondientes a los años 2005 (22 de abril) y 2008(20 de agosto). Para la definición de la línea de costa se utilizó el límite superior de la acción del *swash*, (punto de máxima llegada del oleaje sobre la playa seca). Los resultados obtenidos indicaron que la playa entre la población de San Luis y Tom Hooker presenta acreción a lo largo de la misma, siendo esta mayor a medida que en sentido norte. En la Figura 58, se pueden establecer dos sectores en función del ratio de acreción dela playa. El primero de ellos, un sector meridional que se extendería hasta dos tercios de la longitud de la playa, con una acreción media entre 1-3 m, con pequeños tramos donde esta cifra aumenta hasta 3-5 m. El segundo sector, corresponde al tercio septentrional de la playa, que presenta mayores tasas de acreción, siendo estas entre los 3 y los 8 m. El incremento de la superficie de la playa en sentido N, obedece según los autores a una deriva litoral con esa dirección, que se ve favorecida por la ubicación del promontorio rocoso sobre el que se asienta la población de San Luís y que actúa a modo de trampa sedimentaria. Lo cual fue corroborado con el modelo de propagación del oleaje que muestra una alta refracción del mismo sobre el arrecife de los oleajes de componente E, que junto al de NE, presentan las mayores frecuencias (40 %) e intensidades.

Se concluyó igualmente en este análisis que la información utilizada fue insuficiente para poder establecer una secuencia cronológica adecuada de mayor amplitud, así como para determinar una

adecuada evolución de la línea de costa de este sector de la isla de San Andrés. Además, sin embargo se atreven a concluir para el periodo evaluado que en definitiva, se presenta una acreción de la playa en sentido S-N, siendo mayor la extensión de la playa en el tercio superior del tramo de playa analizada, y que viene determinada por la deriva litoral hacia el norte. Este hecho es coincidente con otros estudios realizados en este sector del litoral de San Andrés (Figura 58).

Figura 58. Evolución histórica de la costa entre San Luis y Tom Hooker (tomado de en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

En este mismo análisis se tomaron los orto fotogramas de *Google Earth* 2005, 2007, 2008 (febrero) y 2008 (agosto) con el fin de determinar visualmente la condición de este tramo de playa y pese a las limitaciones de corto periodo disponible y de la imprecisión de los orto fotogramas, se concluyó que la playa cercana al hotel Decamerón – San Luis, podría considerarse estable o ligeramente acrecionaria, ya que la playa recupera ampliamente superficie entre el 2005 y el 2007, (Figura 59) pierde una parte de lo ganado en febrero de 2008, especialmente en su parte septentrional y vuelve a recuperar arena entre febrero y agosto de dicho año.

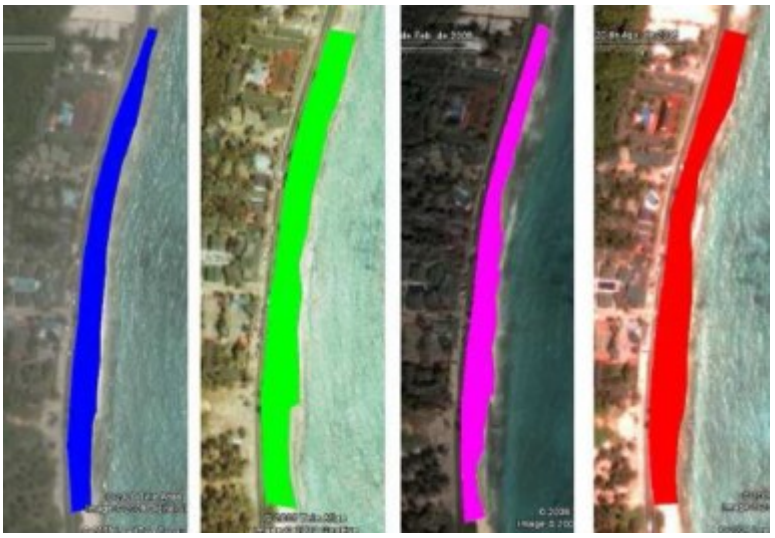


Figura 59. Evolución histórica 2005-2007- 2008 playa Decameron – San Luis (tomado de FONADE, 2010).

Pese a los análisis realizados en estudios anteriores, estos tienen la restricción temporal en cuanto a la disponibilidad de información y su calidad, así que solo ofrecen información parcial, sin embargo se realizó la revisión de la información suministrada por CORALINA, acerca de su sistema de monitoreo de playas para la isla de San Andrés, zona 3 correspondiente al sur de la isla.

Análisis 2000-2005

En el análisis de CORALINA para los años 2000 a 2005, la variación de la longitud de acuerdo a los perfiles de playa para el sector sur-oriental muestra playas de gran extensión pero con una amplia variación de longitud total. Así, los contornos de la "Mansión" y "Yellow moon" son claramente trampas de arena localizada al interior de pequeñas bahías protegidas.

Diferente es el caso de las estaciones que se encuentran en "Rocky Cay", "Sound Bay" y "Los Bohíos", las cuales corresponden a franjas lineales modeladas levemente por el contorno de la isla (Figura 60).

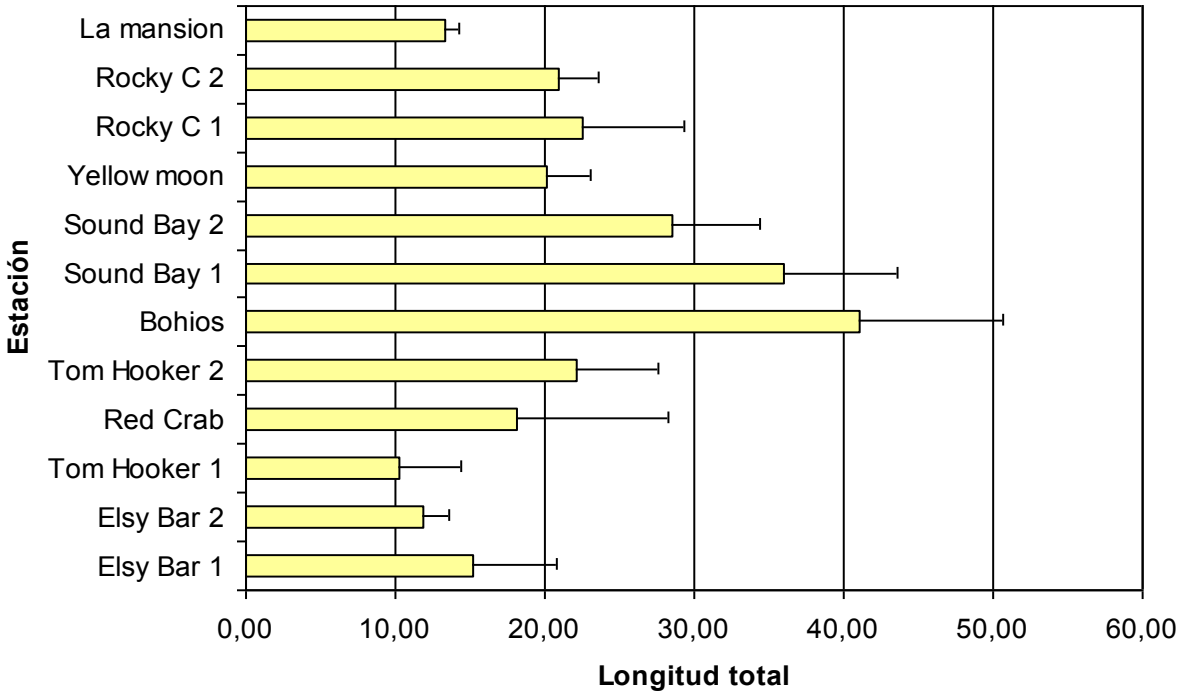


Figura 60. Longitud promedio de las estaciones del sector sur-oriental de la isla (tomado de CORALINA, 2006).

En cuanto a la variación de la pendiente de acuerdo a los perfiles de playa, el sector sur, presentó el mayor valor se obtuvo en "Elsy Bar 2" siendo el dato más elevado de todo el monitoreo. Si bien es cierto que "Tom Hooker" también presentó un dato relativamente alto, las demás estaciones fueron significativamente inferiores a 30º (Figura 61).

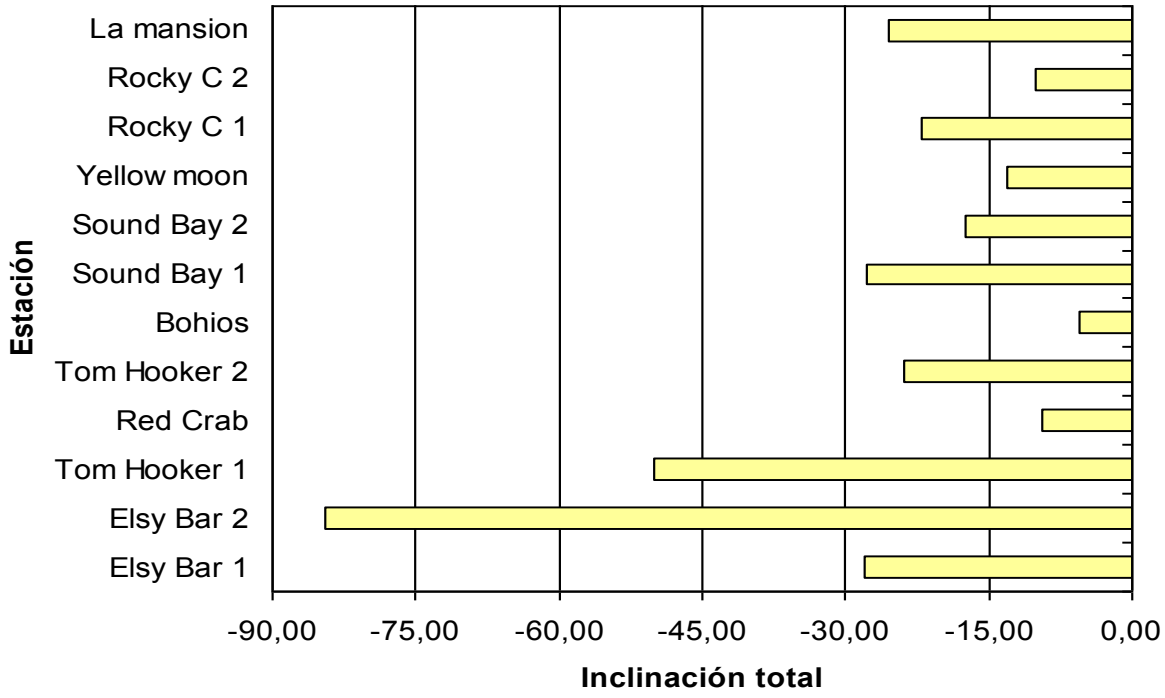


Figura 61. Inclinación promedio de las estaciones del sector sur-oriental de la isla (tomado de CORALINA, 2006).

Análisis 2006-2011

En análisis realizado por CORALINA para el periodo comprendido entre 2006 y 2011, se evaluaron los perfiles y se concluyó que en la zona sur en general se puede observar un patrón de comportamiento en lo perfiles en el monitoreo del 2011, el cual parece estar influenciado por las épocas de transición (Monitoreo de junio, julio y agosto), en el primer semestre del año la longitud de los perfiles aumentaron a lo largo de la época seca y transición a lluviosa continuaron con este comportamiento pero al entrar época lluviosa (octubre y noviembre) y fuertes vientos (Parte de diciembre) inició el proceso erosivo sobre la costa (Figura 62).

En esta zona se observa que el perfil de Yellow Moon no tuvo una fuerte variación ni en longitud ni en área transversal, posiblemente porque esta zona se encuentra parcialmente cerrada (protegida) y puede estar actuando como una trampa de arena (Orozco, 2006 en CORALINA 2012).

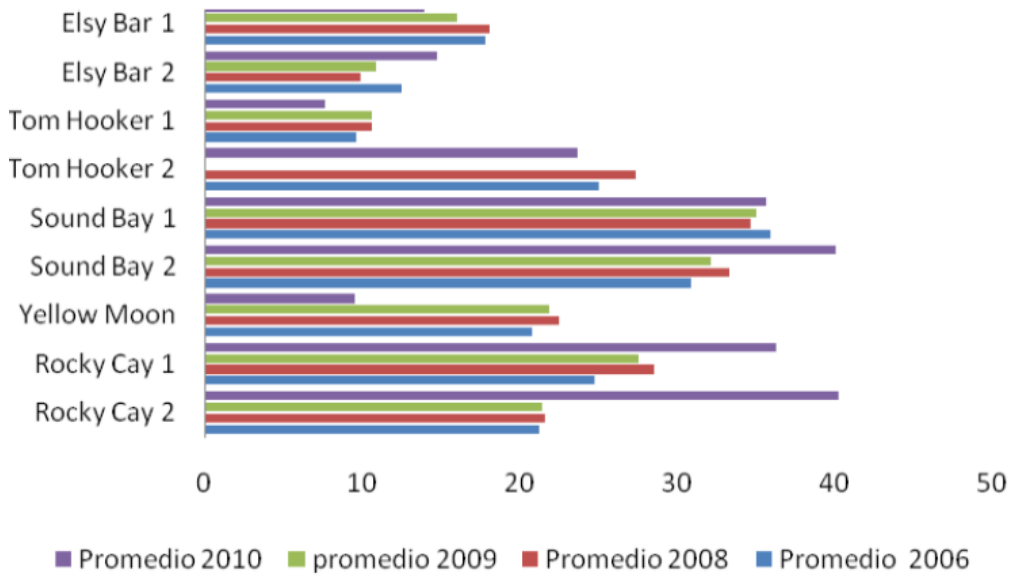


Figura 62. Longitud promedio de los perfiles de la zona sur (2006 a 210).

En comparación con los datos de los años 2006, 2008, 2009,2010 y 2011 no se observa un patrón de aumento o disminución de la longitud de las playas en la mayoría de los perfiles del sur, en el caso de Rocky Cay (los dos Perfiles) y Sound Bay 2 se observa un aumento en la longitud de los perfiles. Sin embargo, en la zona tres al igual que la zona dos puede inferirse que las variaciones están obedeciendo a la duración de los eventos climáticos, es decir que la disminución puede verse influenciada por la persistencia del evento climático, sin embargo la variación de las longitudes promedio de los perfiles no se observa en periodos de monitoreo anuales.

Sectores afectados por procesos erosivos:

Los procesos erosivos del área de estudio se han evidenciado por medio de sus impactos a lo largo de tiempo sobre infraestructura vial, viviendas, disminución de ancho en playas turísticas, caída de palmeras de coco, entre otras, sin embargo en la actualidad muchos de estos sectores han sufrido procesos de remediación por parte del Departamento, por medio de muros enrocados y bolsacretos que principalmente se han construido para brindar protección a la vía circunvalar y su reconformación. A continuación se realizara un recuento de dichos sector y en el anexo fotográfico se presenta una línea de tiempo que permite evidenciar los cambios graduales.

South End

Se localiza entre el Hoyo Soplador hasta el sector de Elsie Bar, en este transepto predomina la costa acantilada de la plataforma arrecifal emergida, toda la franja se encuentra expuesta a la fuerte acción del oleaje y por lo tanto de sus efectos, es a partir de este tramo que se comienzan a evidenciar esfuerzos de protección de la bancada con muros enrocados que en la actualidad están deteriorados por la misma acción del oleaje, encontrándose una franja de estas rocas lejos de la línea de conformación, ya que han sido arrancadas y relocalizadas por la energía de las olas (Figura 63).

Se observa también el desarrollo de pequeñas playas con anchos que van entre 6 y 11 metros. (Figura 64).

Figura 63. Sector de South End (archivo personal Liane Gamboa).

Figura 64. Pequeñas playas Sector de South End (archivo personal Liane Gamboa).

Elsie Bar

El sector de Elcy Bar, esta principalmente conformado por playas, aunque también se presentan algunas zonas con costa acantilada. La erosión ha socavado la vía circunvalar en varios sitios, dejando escarpes de hasta 1 m de altura restos de troncos y maderas, al igual que bloques dispersos, acumulados junto al escarpe que se forma con la vía (Posada *et al.*, 2011).

Las franjas de playa se encuentran protegidas por cordones interrumpidos de beach rock, sin embargo estos no han evitado los procesos erosivos que han llegado hasta la bancada.

Una zona muy concurrida por los resientes de la isla se conoce como Los Charquitos, aquí, se presenta una playa con longitud aproximada de 330 metros de largo y ancho aproximado de 14 metros, sin embargo también este tramo ha sido objeto de intervenciones duras como muros enrocados producto del efecto de las olas en la bancada vial, el ancho de estas playas se ha visto reducido debido a las obras de instalación de los muros (Figura 65).

Figura 65. Sector de Elsie Bar (archivo personal Liane Gamboa).

El sector de Rocky point también ha sido intervenido con bolsacretos debido a la grave afectación de la bancada (Figura 66), sin embargo estos al parecer han empeorado los efectos del oleaje en la costa disminuyendo con los años los anchos de playa.

Figura 66. Sector de Rocky point (archivo personal Liane Gamboa).

Tom Hooker

Este es un sector de playas, limitadas hacia tierra por dunas incipientes y depósitos de tormenta y hacia el mar por beach rock (Posada *et al.*, 2011). Este segmento de costa ha sido fuertemente intervenido por muros en bolsacreto combinados con muros enrocados lo cual le ha restado área a las playas, las cuales en la actualidad pueden presentar anchos de 7 metros en promedio (Figura 67).

Se presentan claramente evidencias de erosión en este tramo, en los extremos de los muros, en donde se observa socavación lateral y afectación a la bancada (Figura 67).

La zona de Bengues, como es comúnmente conocido, también ha sufrido cambios, aunque allí se observa un cordón de playa de aproximadamente 330 metros de largo y ancho de 17 metros, bien

conservado gracias a la protección de los beach rocks que se distribuyen de forma paralela a la línea de costa (Figura 67).

A. B-

C. D.

E. F.

Figura 67. Sector de Tom Hooker (Ay LB), sector de Tom Hooker (C) y socavación lateral muros Tom Hoker (D.) y zona de Bengues (E y F) (archivo personal Liane Gamboa).

Sector Hotel Decamerón – San Luis

Este sector es un sector crítico debido a que la infraestructura hotelera es muy cercana a la vía al igual que el trazado la misma se encuentra sobre la duna, en esta playa se prestan servicios turísticos que posibilitan la perdida de sedimentos hacia la vías, estas intervenciones antrópicas en conjunto con las acciones de oleaje han contribuido a la situación actual de estas playas y a la disminución de su calidad paisajística.

De acuerdo a observaciones de Posada *et al.* (2011), la playa en este sector no cuenta con una berma o duna y la arena sale hacia la vía. Las palmeras están desarraigadas y hacia el Norte, frente al cementerio de San Luis, se presenta un escarpe erosivo, que destruyó parte de la Vía y que actualmente está siendo protegida con un muro de bolsacreto.

Este sector también cuenta con un cordón de protección de beach rock, sin embargo esta protección natural no ha disminuido los efectos erosivos (Figura 68 y Anexo 1).

Figura 68. Sector Hotel Decamerón – San Luis (archivo personal Liane Gamboa).

Hacia la parte sur de este sector se encuentra la zona conocida como el paso o Kellas Bar, la cual durante los últimos años ha sufrido graves problemas relacionados con la perdida de terreno, palmeros desarraigadas y hasta pérdidas de la infraestructura de recreación blanda localizada en el sector. Específicamente en enero de 2013, se debió proceder a hacer el desalojo de las mismas por la afectación de los negocios asentados en el lugar. Durante estos eventos se han registrado taludes expuestos hasta de 1,20 metros, lo cual se evidencia por la pérdida del nivel de soporte de las palmeras (Figura 69).

Figura 69. Zona conocida como el paso o Kellas Bar.

En el extremo más norte del área se localiza el sector del cementerio de San Luis, según Posada *et al.*, (2011), en comparación con 2007 en el límite norte con el cementerio, los procesos erosivos fueron mucho más intensos y destruyeron gran parte de la vía, encontrándose en la actualidad un tramo con reforzamiento en bolsacretos, que continúa presentando procesos erosivos alcanzando la bancada en las zonas que se han dejado sin infraestructura de protección (Figura 70).

Figura 70. Cementerio de San Luis (Archivo personal Liane Gamboa).

Sound Bay – San Luis

Las playas de Sound Bay han sufrido al igual que las descritas con anterioridad fenómenos de erosión moderada según observaciones de Posada *et al.*, (2011), sin embargo estas han tenido graves impactos en edificaciones construidas sobre terrenos tanto consolidados como inconsolidados, observándose muros y viviendas colapsadas.

El primer tramo que se observa con estas características en el sector de los bohíos donde se evidencian aún estructuras de viviendas preexistentes que han sido desalojadas, y en la actualidad se encuentran en contacto directo con la acción del mar, taludes erosivos y palmeras desarraigadas.

Se reportó por parte de la Gobernación la evacuación de algunas viviendas en la franja de Sound Bay, durante los eventos extremos presentados iniciando el año 2013, en donde el oleaje invadió e inundo varias viviendas (Figura 71).

Figura 71. Sector de Sound Bay-San Luis (archivo personal Liane Gamboa).

Por su parte el sector de San Luis tiene una costa predominantemente acantilada, con algunos segmentos de playa. Las viviendas de este sector se encuentran construidas sobre el borde costero arrecifal y debido a la acción directa del oleaje sobre las rocas se ha optado por construcción sobre pilotes. En muchas de estas viviendas se han implementado muros de protección en concreto, llantas rellenas con concreto para evitar afectaciones a la infraestructura en incluso muros enterrados en la arena para evitar la pérdida de playas con fines recreativos y turísticos (Figura 72).

Figura 72. Sector San Luis- Universidad Nacional (archivo personal Liane Gamboa).

Cocoplum Bay – La Mansión

En este sector la vía se encuentra a un nivel bajo muy cercano a la línea costera, así como se observan tramos que a lo largo del tiempo se han recuperado, el tramo más cercano a Chameys

Náutica, presenta claros rasgos erosivos y de retroceso de la playa de acuerdo a observaciones de los pobladores. En esta área no se ha realizado ningún desarrollo de protección reciente y las viviendas localizadas en la franja de la vía han sufrido afectaciones en temporadas de oleajes extrémales, sin embargo se observan vestigios de muros en concreto y enrocados a lo largo del borde que no obedecen a ninguna conformación (Figura 73).

Figura 73. Sector la Mansión (archivo personal Liane Gamboa).

2.4.5.2. Procesos Erosivos en la Isla de Providencia

A continuación se presenta la clasificación de los segmentos que presentan erosión costera en las islas de Providencia y Santa Catalina y la longitud de afectación de las mismas, esta clasificación obedece a recopilación de información de campo de borde costero para el año 2013 y revisión de cartografía anterior realizada por el INVEMAR y CORALINA en 2007 y 2011 de las zonas erosionadas para la isla (Tabla 12, Figura 74 y Mapa No. 12).

Tabla 12. Clasificación tipo de erosión y longitud para Providencia y Santa Catalina islas.

Tipo de fenómeno	Longitud (m)
Erosión Alta	1675,6
Erosión Media	5236
Erosión Baja	3448
Sedimentación	113

Los monitoreos de perfiles de playa que realiza CORALINA en las islas de Providencia y Santa Catalina, se vienen efectuando desde 1999 y hasta la fecha, como producto de la ejecución del proyecto 'Coast and Beach Stability in the Caribbean Project' (COSALC) de La UNESCO.

Para efectos de evaluar la evolución de la costa, se revisó el informe de análisis de los datos recolectados durante el período 1999-2012 en las playas de arena de las islas Providencia y Santa Catalina, para reconocer la dinámica de cambio y determinar posibles tendencias de erosión o de recuperación de este ecosistema costero, el diagnóstico de erosión costera realizado por el

INVEMAR (2007) y recopilación fotografía de diversas campañas de campo con el fin de determinar el estado de la costa.

En las islas de Providencia y Santa Catalina CORALINA realiza el monitoreo de 11 playas y 16 perfiles (Figura 74).

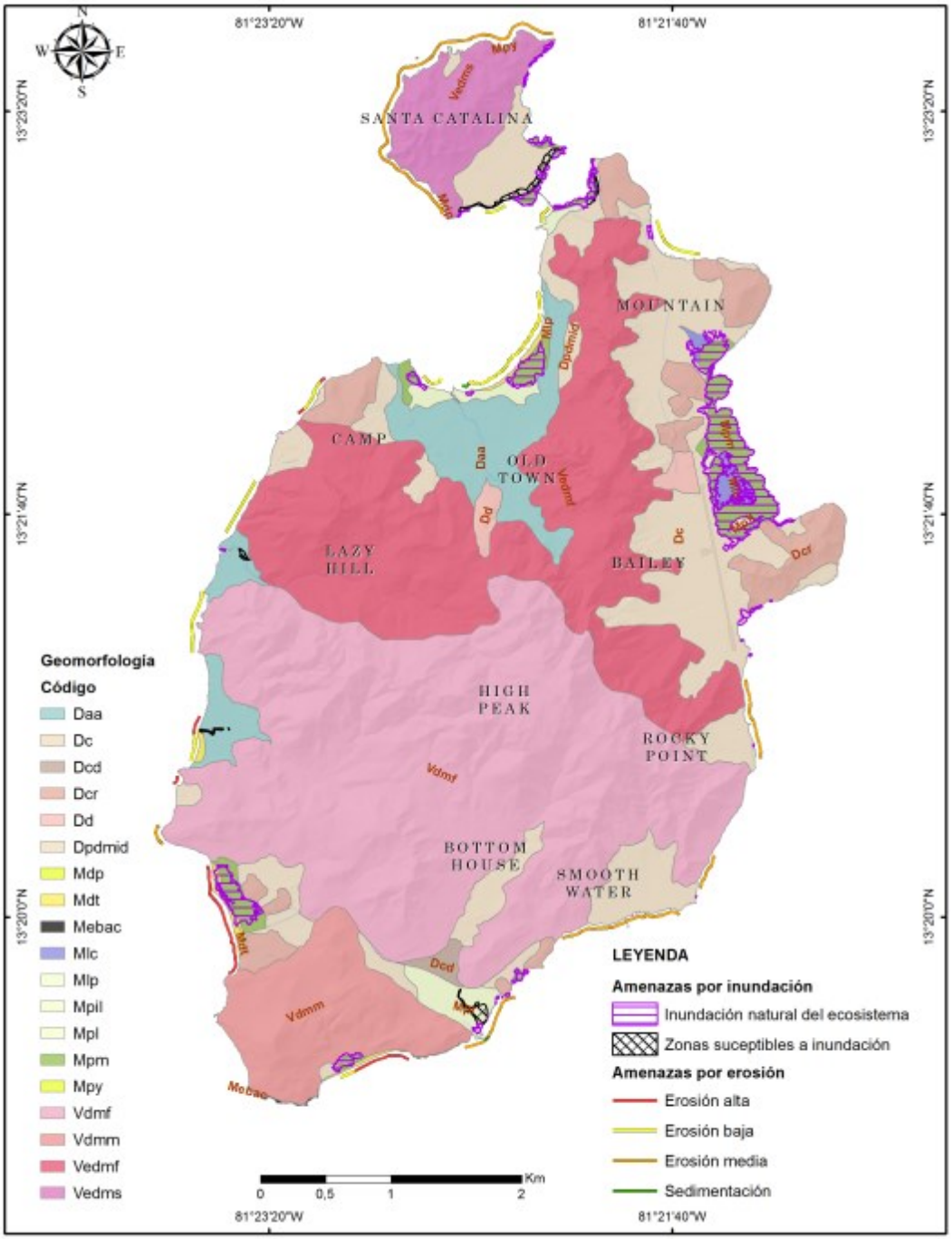


Figura 74. Geomorfología y amenazas (erosión) para la isla de Providencia.

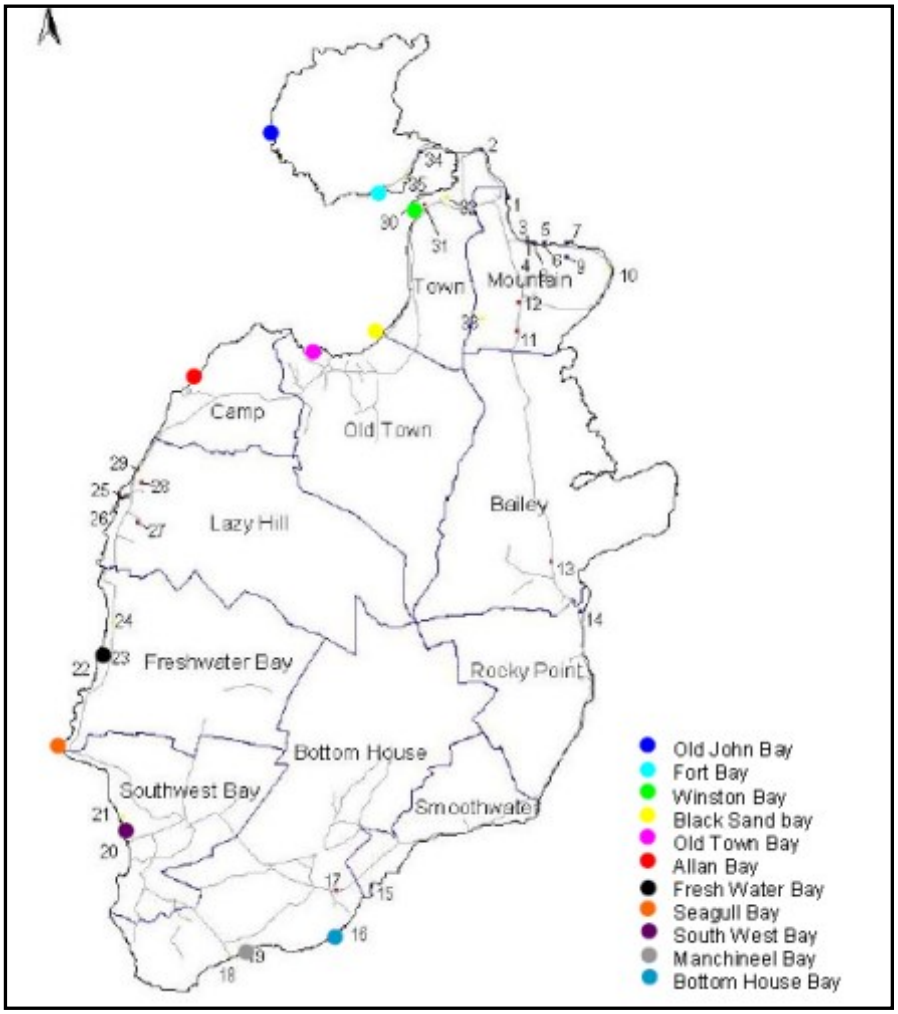


Figura 75. Estaciones de monitoreo CORALINA (tomado de CORALINA, 2011).

Del documento compilatorio de 2012, se concluyen aspectos generales de los puntos monitoreados en cuanto a la variación de longitud y área durante los 12 años de monitoreo, la evolución de cada playa y determinación de su máxima y mínima extensión y su crecimiento efectivo.

Se concluyó en este análisis que no hubo una tendencia regular en todas las playas estudiadas, pues algunas crecieron y otras se erosionaron en diferentes años de monitoreo. En la mayoría de playas se presentó recuperación en los años 2003-2005 y pérdida en 2009-2011. De forma ponderada las playas de Providencia han crecido durante el lapso de estudio 7 m^2 (Tabla 13).

Old Town Bay y Allan Bay (ambas de la zona NW) fueron las playas que más aportaron al crecimiento de las playas de Providencia, mientras que South West Bay Centro y Manchineel Bay Norte fueron las playas que más se erosionaron. De acuerdo a la posición de las playas en Providencia, las zonas más afectadas por la erosión fueron el Sur-Oeste y el Sur-Este, mientras que la ganancia de playa se realizó principalmente en la zona Nor-Oeste. Aquellas playas dentro de Bahías monitoreadas en su sección Norte, Centro y Sur presentaron ganancia de playa en las zona Sur y pérdida en la Norte y Centro.

Se reporta que el impacto de huracanes en Providencia en los años 2005 (Beta) y 2007 (Dean) pudieron haber influido sobre las playas de la isla, aunque no se tenga documentado con precisión sus efectos sobre las playas (Peñaloza, 2005 en CORALINA, 2012).

Tabla 13. Ubicación, máxima y mínima, extensión alcanzada, crecimiento y tendencia ponderada (flecha hacia arriba: crecimiento, flecha hacia abajo: erosión, dos flechas: comportamiento irregular) de cada playa monitoreada según protocolo COLSAC (tomado de CORALINA, 2012).

PLAYA	UBICACIÓN (en la isla)	MÁXIMA EXTENSIÓN ALCANZADA (m^2) Y AÑO RESPECTIVO	MÍNIMA EXTENSIÓN ALCANZADA (m^2) Y AÑO RESPECTIVO	CRECIMIENTO (m^2) EFECTIVO (+/-) (diferencia 1999-2012)	TENDENCIA PONDERADA
Old John Bay	N-W	9.5 (2004)	2 (1999)	3	ˆ
Fort Bay	N-W	53 (2002)	27 (2011)	-3	ˇ
Winston Bay	N-W	5 (2011)	1.5 (1999)	1	ˇˆ
Black Sand Bay	N-W	15 (2001)	5 (2008)	-3	ˇ
Old Town Bay	N-W	18 (2011)	1 (1999)	15	ˆ
Allan Bay	N-W	21 (2009)	3 (2002)	10	ˆ
Fresh Water Bay Norte	S-W	60 (2004)	9 (2009)	-4	ˇ
Fresh Water Bay Sur	S-W	75 (2004)	38 (2008)	8	ˇˆ
Seagull Bay	S-W	14.5 (2004)	2.5 (2011)	-2.5	ˇ
South West Bay Norte	S-W	46 (2003)	8 (2008)	-4	ˇ
South West Bay Centro	S-W	70 (2001)	31 (2012)	-18	ˇ
South West Bay Sur	S-W	10 (2012)	0 (2002)	8	ˆ
Manchineel Bay Norte	S-E	8 (2002)	0 (2012)	-8	ˇ
Manchineel Bay Centro	S-E	36 (2005)	14 (2011)	-2	ˇ
Manchineel Bay Sur	S-E	76 (2004)	17 (2011)	8	ˇˆ
Bottom House Bay	S-E	11.5 (2010)	3 (2012)	-1	ˇˆ

Sectores afectados por procesos erosivos

En las islas de Providencia y Santa Catalina, se encuentran playas y acantilados con claras evidencias de erosión a lo largo de los años, que han sido documentadas por INVEMAR y CORALINA, adicionalmente se está retomando en la descripción de las zonas críticas información fotográfica obtenida en 2013. En el Anexo 2, se presenta una línea de tiempo para los sectores que a continuación serán descritos.

Fresh Water Bay

El INVEMAR, 2007, informa que corresponde a una playa localizada al pie de depósitos coluviales y que está delimitada por un muro longitudinal hecho en concreto y una serie de cabañas acondicionadas para el turismo. Aunque se menciona que no se observan signos de erosión, existe información verbal de habitantes donde se reporta perdida de la playa.

Al norte la playa está altamente intervenida y presenta escarpes erosivos, construcciones en la duna. Se reporta que el proceso normal de retroceso y acreción de la playa se ha venido alterando desde hace 15 años, y que desde hace tres años la playa no se ha vuelto a recuperar, lo que implica un proceso erosivo fuerte.

CORALINA (2012), informa que durante todo el periodo de estudio la playa se ha comportado de modo relativamente homogéneo. Respecto a la condición inicial de monitoreo, a 2012 la playa ha crecido aproximadamente 8 m^2 (Figura 76).

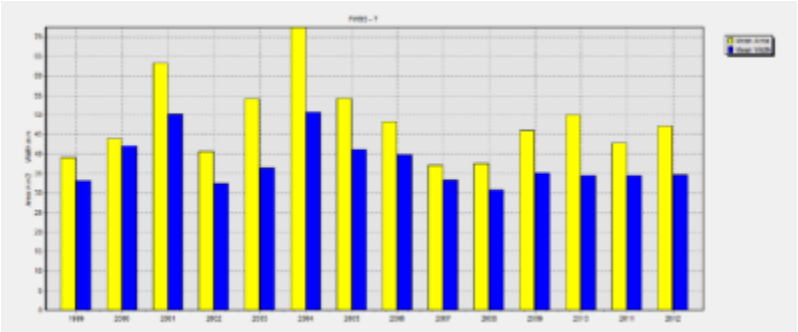


Figura 76. Registro monitoreo Fresh Water Bay (tomado de CORALINA, 2012).

Seagull Bay

CORALINA (2012), reportó un patrón leve de disminución de la playa durante el periodo de monitoreo con una recuperación significativa de la playa para el último año. Respecto a la condición inicial de monitoreo, actualmente la playa ha decrecido aproximadamente 2,5 m^2 (Figura 77).

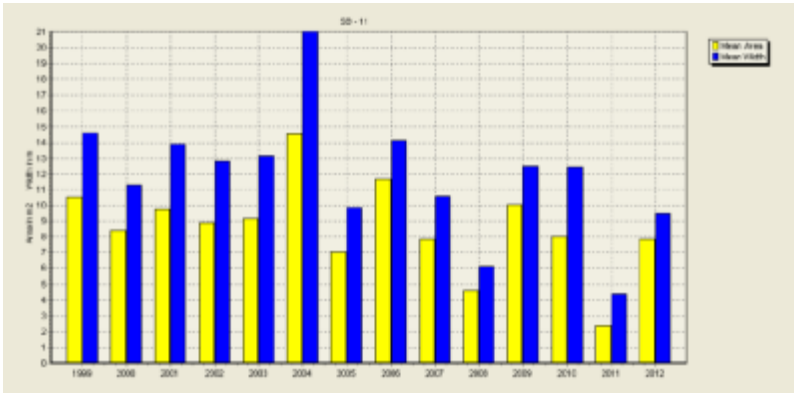


Figura 77. Registro monitoreo Seagull Bay (tomado de CORALINA, 2012)

South West Bay

INVEMAR (2007), reporta que la playa se desarrolla al frente de una amplia zona de manglar, restos de un muro al pie del talud y el muro del malecón por donde transitan vehículos y personas, por lo que no se observa duna. Se presenta erosión en surcos y desarrollo de escarpes que afectan palmeras por el golpeteo de las olas, en conjunto con la erosión generada por las salidas de drenajes urbanos.

Existen evidencias de unos espolones artesanales construidos mediante la acumulación de roca suelta, que se encuentran bajo el agua, parcialmente cubiertos por arena, pero que según versiones de los pobladores de cierta manera han contribuido a frenar un poco el deterioro de la playa.

CORALINA (2012), informa que pese a que se registró un periodo de acreción entre 2003-2006 en cuanto a su longitud promedio, reporta que para el año 2012 los valores disminuyen, mostrándose una importante reducción de la playa, decreciendo aproximadamente 4 m^2 (Figura 78).

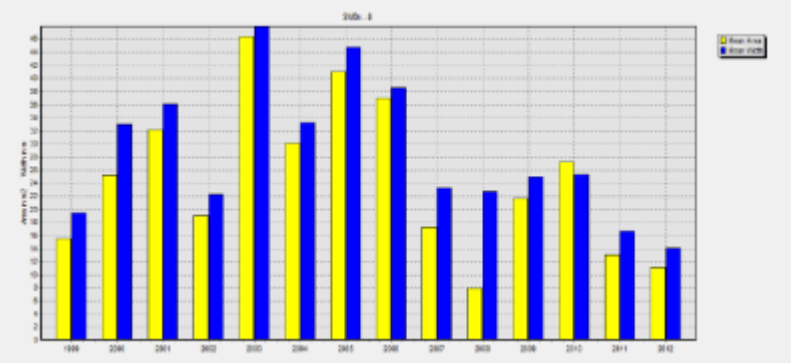


Figura 78. Registro monitoreo South West Bay (tomado de CORALINA, 2012).

Machineel Bay

INVEMAR (2007), reporta esta playa como encajada entre acantilados de origen volcánico; hacia el norte se presentan zonas altamente intervenidas, con vegetación, palmeras desarraigadas, y escarpes erosivos de hasta 1 m de altura.

CORALINA (2012), por su parte reportó que la primera fase del monitoreo refleja un crecimiento de la playa hasta el 2005, el cual luego desciende suavemente hasta el 2012 alcanzando valores algo inferiores a los del comienzo del estudio decreciendo aproximadamente 2 m^2.

Smoothwater

De acuerdo al INVEMAR (2007), en este sector se presenta una playa al lado de un depósito de escombros volcánicos que deja un escarpe de 1,5 m de altura; se extiende a lo largo del sector con presencia de pequeños espolones artesanales, algunos muelles y un muro de protección. El escarpe erosivo que presenta y los testimonios de algunos habitantes, muestran que se está presentando erosión moderada a alta, especialmente cuando ocurren fenómenos fuertes como huracanes y tormentas en la isla. Para este sector CORALINA no cuenta con estación de monitoreo.

Bottom House Bay

INVEMAR (2007) describe en este sector una playa sobre una llanura costera con rasgos erosivos asociados a palmeras desarraigadas. Según los habitantes, hace 20 años la playa tenía entre 20 y 30 m más que en la actualidad y que fue objeto de extracción de arena.

Debido al alto deterioro del sector se han colocado rocas y residuos sólidos a manera de barrera de protección contra el oleaje.

CORALINA (2012), reporta que para el 2010 se observó el mejor estado de la playa y en el 2009 el más bajo. Es decir, súbitamente se recuperó en el 2010, aunque en los años subsecuentes volvió a presentarse erosión. Respecto a la condición inicial de monitoreo, actualmente la playa ha decrecido aproximadamente 1 m^2 (Figura 79).

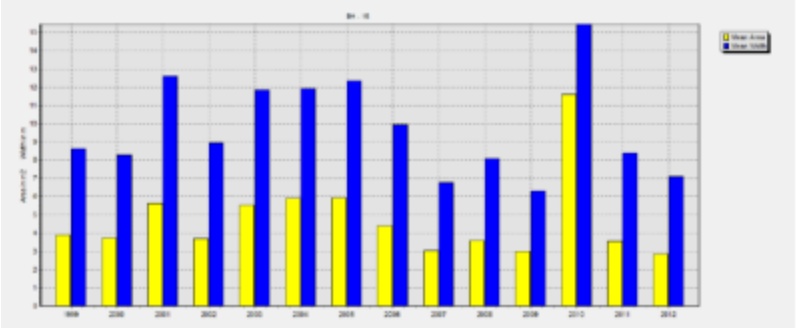


Figura 79. Registro monitoreo Bottom House Bay (tomado de CORALINA, 2012).

Allan Bay

INVEMAR (2007), reporta que la playa se sitúa en la base de un talud de 3-4 m aproximadamente, y se ve favorecida su erosión en temporada de lluvias por la desembocadura de un arroyo. Se reporta también que hay registros que evidencias el retroceso de la playa a la mitad en los últimos años, sin embargo algunos sectores están cubiertos por verdolaga como signo de cierta estabilidad en el sector.

En este mismo sentido CORALINA (2012), platea que durante los 12 años de monitoreo se observa una tendencia hacia la recuperación de la playa. Respecto a la condición inicial de monitoreo, actualmente la playa ha crecido aproximadamente 10 m^2 (Figura 80).

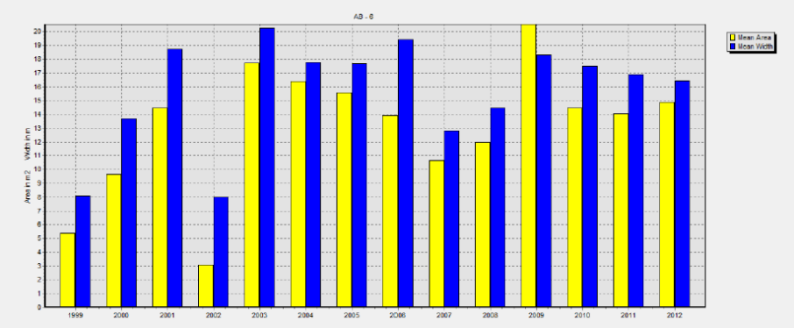


Figura 80. Registro monitoreo Allan Bay (tomado de CORALINA, 2012).

Old Town

INVEMAR (2007), informa que en la pequeña playa que se observa en este sector, se evidencian pequeños escarpes de erosión y un espolón semienterrado. Aparentemente la erosión en este sector es muy baja.

CORALINA (2012) plantea que es evidente la tendencia de recuperación de la playa durante los 12 años de estudio. Respecto a la condición inicial de monitoreo, actualmente la playa ha crecido aproximadamente 15 m^2 (Figura 81).

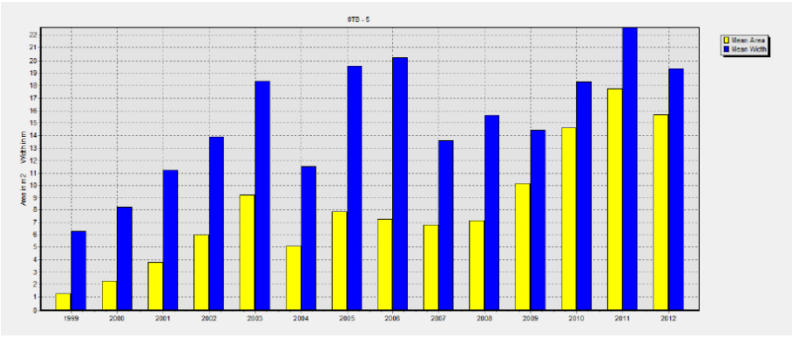


Figura 81. Registro monitoreo Old Town (tomado de CORALINA, 2012).

Black Sand

INVEMAR (2007), describió el sector como una bahía semicircular que termina en un parqueadero de lanchas al norte de la Capitanía de Puerto y es cortada hacia la mitad por un drenaje que sale del manglar, donde la duna prácticamente había desaparecido debido a las múltiples estructuras y las construcciones abandonadas o semidestruidas, las cuales evidencian también la intensidad de los procesos erosivos. Se reporta la mejoría de la situación en este informe.

CORALINA (2012), informa por su parte que la tendencia general durante los 12 años es hacia la pérdida de playa. Desde el 2001 ha habido una disminución significativa del área de playa que aún no se ha recuperado. Respecto a la condición inicial de monitoreo, actualmente la playa ha decrecido aproximadamente 3 m^2 (Figura 82).

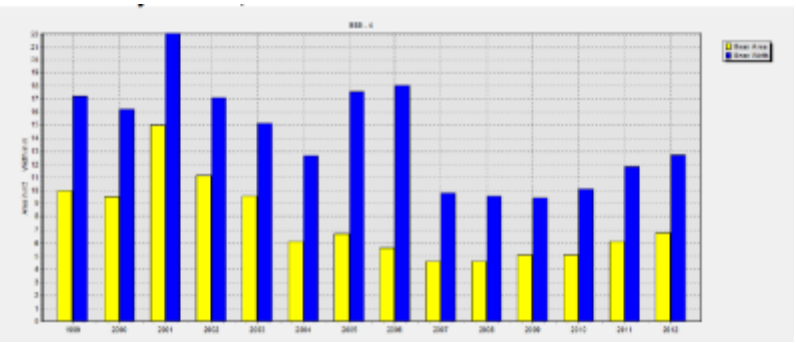


Figura 82. Registro monitoreo Black Sand (tomado de CORALINA, 2012).

Winston Bay

INVEMAR (2007), plantea la zona como un sector de playas altamente intervenido por actividades antrópicas y con un escarpe de erosión de 10 cm, sin embargo se menciona que aparentemente no se presenta erosión por ser un sitio muy protegido.

CORALINA (2012), determinó un importante crecimiento en la longitud de la playa desde el 1999 hasta el 2005, sin embargo los siguientes seis años muestran una reducción y posterior recuperación de la playa. Respecto a la condición inicial de monitoreo, actualmente la playa ha crecido aproximadamente 1 m^2 (Figura 83).

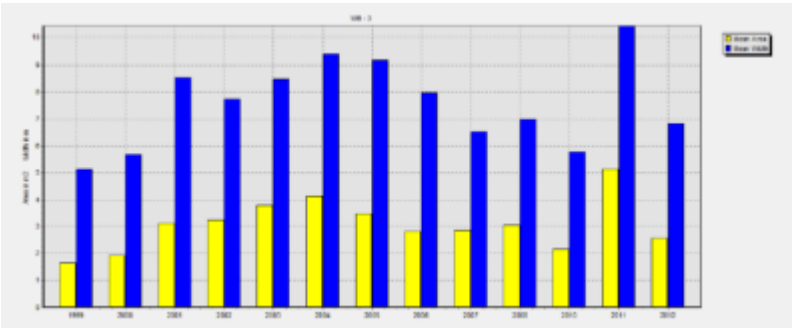


Figura 83. Registro monitoreo Black Sand (tomado de CORALINA, 2012).

Fort Bay

INVEMAR (2007), localiza aquí una pequeña playa encajada, limitada por los escarpes de las formaciones volcánicas, al pie de los cuales hay una acumulación de cantos y fragmentos desprendidos delos mismos. Como indicios de erosión se encontraron palmeras desarraigadas.

CORALINA (2012), reporta por su parte que hay una leve tendencia hacia la pérdida de playa en los últimos años. Respecto a la condición inicial de monitoreo, actualmente la playa ha decrecido aproximadamente 3 m^2 (Figura 84).

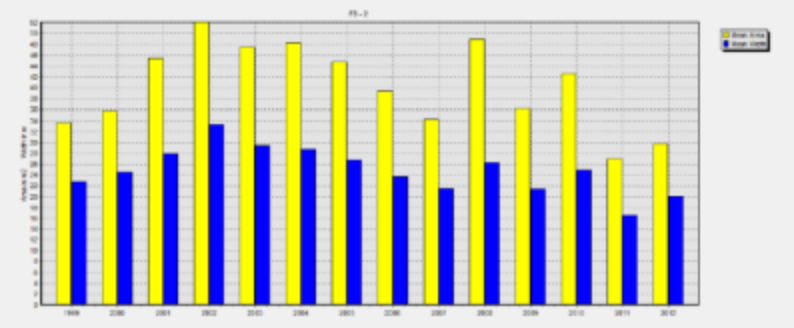


Figura 84. Registro monitoreo Fort Bay (tomado de CORALINA, 2012).

Old John Bay

INVEMAR (2007), reporta en este sector una playa encajada, pero limitada por un depósito volcánico que aparece meteorizado y con procesos erosivos relacionados con la escorrentía; en el talud aparecen árboles caídos y vegetación desarraigada. Hay fuerte erosión asociada al arroyo y los taludes circundantes.

CORALINA (2012), por su parte observó una recuperación de la playa paulatina con altibajos. Respecto a la condición inicial de monitoreo, actualmente la playa ha crecido aproximadamente 3 m^2 (Figura 85).

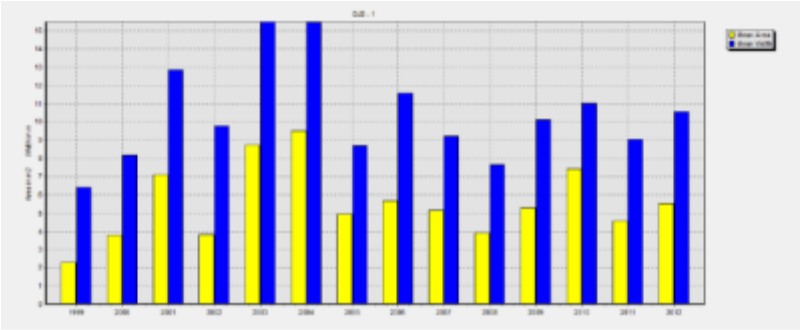


Figura 85. Registro monitoreo Old John Bay (tomado de CORALINA, 2012).

2.4.6. *Calidad Del Recurso Hídrico*

2.4.6.1. Aguas subterráneas y superficiales

Las fuentes de agua potable en el archipiélago están relacionadas con el agua subterránea en la isla de San Andrés, micro cuencas en la isla de Providencia y aguas lluvias en ambas islas, en este sentido la Corporación ha realizado gestión en los acuíferos, el manejo y conservación de las micro cuencas (principalmente en Providencia) y el aprovechamiento del agua lluvia por medio de proyectos pilotos.

Las aguas subterráneas han sido quizá el aspecto del medio físico y del recurso hídrico que más se ha estudiado en el Archipiélago. La dependencia de éste recurso como fuente de abastecimiento de agua potable, especialmente en la Isla de San Andrés, el cual se constituye en

uno de los principales factores límites del desarrollo del archipiélago[6], son algunas razones para que se presente un mayor desarrollo en los estudios y acciones al respecto.

En dichos estudios se ha llegado a conclusiones tales como que la única fuente de agua dulce que tiene San Andrés proviene de la precipitación anual que se evalúa en 1973 ± 80 mm [7] con un periodo lluvioso entre los meses de junio y noviembre (1509 mm de lluvia acumulada) con un periodo de lluvias menores entre los meses de enero y abril (168 mm de lluvia acumulada) y dos meses de transición (mayo y diciembre), y que de continuar el proceso actual de explotación de aguas subterráneas en El Cove, sin realizar la inducción de recarga, la optimización y el desarrollo de nuevos pozos, es probable que las condiciones del acuífero empeoren hasta el punto de disminuir considerablemente su productividad (CORALINA, 1998).

No se tiene un estudio detallado para Providencia y Santa Catalina, quizá por la presencia permanente de afluentes en esas islas, principalmente en Providencia, situación que no se presenta en San Andrés, en donde no hay corrientes superficiales permanentes.

El suministro agua potable en la Isla de San Andrés, se realiza por medio de pozos de producción que captan agua subterránea del acuífero de San Andrés cuya oferta disponible se estimó en 40 l/s (INGEOMINAS, 1997) y corresponde a un recurso con buenas condiciones (baja salinidad) que distribuye el acueducto y que proviene de la red de 17 pozos concesionados en la Cuenca el Cove. Otra parte de la oferta (115 l/seg) se encuentra en el Acuífero San Luis, pero se desconoce qué tanto de la misma es disponible para explotar de manera sostenible, ya que parte de dicho volumen discurre hacia el mar a través del acuífero y de otro lado su salinidad, en términos generales, aumenta a medida que se acerca a la línea costera.

Adicionalmente en la actualidad se cuenta con cuatro pozos localizados en el acuífero San Luis que son utilizados en procesos de desalinización del sistema de acueducto.

En términos generales la problemática del recurso hídrico a la cual se enfrenta la población, principalmente en la isla de San Andrés, se manifiesta directamente sobre los parámetros de cantidad y calidad del recurso, actualmente la Isla de San Andrés presenta problemas de saneamiento básico debido a la disposición inadecuada de sus residuos sólidos y a la baja cobertura de los sistemas de alcantarillado lo que ha traído consigo la proliferación de tanques sépticos, cuyos desechos líquidos domésticos se han infiltrado al acuífero por la poca capacidad de atenuación de la zona vadosa (el nivel freático se encuentra muy cerca de la superficie) especialmente en los sectores donde aflora la formación San Luis, sin tener algún tipo de tratamiento previo. Este fenómeno ha sido especialmente severo en el centro urbano de la isla, en donde se observa con frecuencia la extracción, mediante pozos barrenos, de agua física y biológicamente no apta para el consumo humano (CORALINA, 1998) y las directas implicaciones que esto puede tener para la salud de la población.

Por otro lado, el sector agrícola aunque en poca proporción, contribuye con el problema de contaminación por la utilización a largo plazo de pocas cantidades de fertilizantes, como el cloruro de potasio y nitrato de calcio (químicos empleados hasta ahora en La Loma y el sur de la isla), con seguridad contaminarán el acuífero debido a que el tiempo de residencia de estos compuestos

[6]Estudio de ordenamiento ambiental y turístico de las Islas de Providencia y Santa Catalina, 1986. Así mismo, es reconocido por CORALINA en el Plan de Acción 1995-1997 como “uno de los principales problemas de las islas” y por el Plan de Desarrollo Departamental para ese mismo período.

[7]De acuerdo Informe Final “Modelación del acuífero San Andrés Islas bajo escenarios de Cambio Climático y Usos del recurso, Proyecto INAP-Colombia”, 2010

en la zona vadosa puede ser poco debido a las características hidrogeológicas del acuífero (CORALINA, 1998).

Adicionalmente debido a la condición de acuíferos costeros, el agua subterránea en la isla está sujeta al riesgo de potencial de contaminación por intrusión marina, dada por la sobreexplotación de agua subterránea o por fenómenos asociados al cambio climático como el incremento del nivel del mar. Este tipo de contaminación se presenta cuando se sobreexplota las captaciones de agua originándose niveles dinámicos por debajo del nivel del mar. Se debe anotar que una vez producida la salinización en el acuífero subyacente, aunque se deje de explotar, no se desplazará fácilmente el agua salada que ocupa el cono de intrusión debido a su mayor densidad. En la isla de San Andrés, ya existen evidencias de salinización de pozos comerciales por sobreexplotación. Según las simulaciones realizadas en la modelación del acuífero San Andrés Islas, Proyecto INAP-Colombia, 2010, al variar la condición de frontera marina, el aumento de los niveles del mar afectaría principalmente a la formación San Luis y no a la formación San Andrés donde están ubicados los pozos de bombeo actuales.

En Providencia y Santa Catalina también existe un sistema "multimodal"[8] de abastecimiento de agua, conformado por almacenamiento de agua lluvia en cisternas, pozos, acueducto y otros.

A diferencia de San Andrés, en la isla de Providencia existen pequeños arroyos en las microcuencas de McBean, Bailey y Fresh Water, los cuales aumentan sus caudales durante la temporada de lluvias (octubre a diciembre), y dejan manantiales durante todo el año.

Algunas de estas cuencas se ven afectadas por descargas de aguas servidas, la disposición de excretas de animales y la disposición de basuras o residuos sólidos, que se constituyen como las principales fuentes de contaminación. Sin embargo, las cargas contaminantes en Providencia son bajas, se diluyen con las primeras lluvias o una vez tributan sus aguas al mar (Garay *et al*., 2001; Peña, 2008 en CORALINA-INVEMAR. 2012.). El embalse de Fresh Water presenta altos niveles de acumulación de sedimentos, pero se debe a los procesos naturales de agregación de un embalse y guarda armonía con el período para el cual fue diseñada la estructura (Peña, 2008 en CORALINA-INVEMAR, 2012).

El servicio de acueducto capta las aguas del Arroyo de Agua Dulce, desde donde se abastece la represa y el tanque del mismo nombre. El embalse, de 3,7 has y construido en 1991, tiene una capacidad de almacenamiento aproximado de 210.000 m^3, de los cuales 112.900 m^3 es embalse útil y de los cuales no se conoce en la actualidad la capacidad eficiente debida a los graves problemas de sedimentación que presenta la represa; se estima que el embalse está en capacidad para surtir el acueducto durante seis meses, sin recibir agua lluvia, pero dados las limitaciones de funcionamiento de la planta de tratamiento, el embalse mantiene niveles altos (CORALINA, 1998).

En Providencia y Santa Catalina la comunidad maneja las diferentes fuentes de agua en diversos usos claramente definidos, las cisternas presentan buena capacidad y adecuado manejo (para alimentación); se considera que si la oferta del acueducto mejora, se tendrá se tendrá agua suficiente para la demanda de la población, según el usos que le da (limpieza); el agua de los pozos es un sistema complementario en hoteles y cabañas, solamente.

[8]Para un detallado a análisis de cada una de estas modalidades ver CINARA, Evaluación de los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento de Providencia, Santiago de Cali, enero de 1996.

2.4.6.2. Calidad ambiental de los acuíferos

CORALINA reporta que desde 1999 el Archipiélago cuenta con un sistema de monitoreo del recurso hídrico subterráneo de la isla de San Andrés, en el cual se mide la calidad, los niveles piezométricos y la explotación de las concesiones otorgadas, atreves de una red de alrededor de 50 pozos. La línea base de la red de calidad estableció que en 1999 el 69% de las aguas subterráneas estaba muy contaminada, el 30% moderadamente contaminada y solo el 1% podría considerarse potable, en el año 2009, la actualización de esta línea base concluyo que existen tres zonas con calidad de agua mejorada o mantenida para las zonas "Cove", Este" y "hansa", mientras que dos de ellas presentan un deterioro en la calidad, zonas "Oeste" y "Norte" (INVEMAR-CORALINA, 2012).

En cuanto a la red de monitoreo de piezometría, se ha podido demostrar que existe un aumento en los niveles de agua y disminución de la conductividad en los pozos de explotación sujetos a regulación por la Corporación. Un comportamiento de este tipo en el acuífero es significativamente favorable para el mismo ya que indica un aumento en la distancia entre la lámina de agua dulce y la zona de interfase agua dulce agua salada, disminuyendo con esto los riesgos por intrusión marina. Aunque se desconocen las causas precisas de esta tendencia es muy probable que se deba a las medidas de control sobre la explotación del recurso y a las acciones educativas y de concientización que la autoridad ambiental ha implementado desde 1999. No obstante, no se pueden descartar factores que podrían incidir también en el fenómeno y que pueden ser motivo de mayores análisis, tales como el aumento en la infiltración efectiva de agua en el acuífero como consecuencia de factores climáticos (régimen de lluvias), o a la ocurrencia de intrusión marina generalizada, ya que es sabido que los niveles piezométricos están directamente influenciados por la densidad del agua y por tanto, cuando un acuífero presenta intrusión marina, los niveles aumentan en función de la salinidad (CORALINA-INVEMAR, 2012).

2.4.6.3. Calidad de las aguas marinas y costeras

La evaluación de la calidad de las aguas costeras de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, se realizó con base en la información de monitoreos sistemáticos que el INVEMAR y CORALINA vienen realizando desde 1997, por medio del programa nacional e interinstitucional "Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras – REDCAM" que lidera INVEMAR con 25 estaciones de muestreo establecidas en la red.

Dichos monitoreos han arrojado resultados concluyentes respecto a parámetros que permiten medir la calidad tales como:

Salinidad y conductividad: El análisis histórico muestra que la variación espacial y temporal de la salinidad del agua es en promedio de 34,6 ± 2 en San Andrés y de 34,8 ± 1,6 en Providencia estos los valores de salinidad son similares a las aguas oceánicas y se presentan diferencias entre las épocas climáticas t (857)=1,31, $p<0$,05 y entre estaciones (p<0,05) (CORALINA-INVEMAR, 2012).

La conductividad ha presentado valores normales típicos para estas aguas marino-costeras, con un promedio de 52,99 ± 2,55 mS/cm en Providencia y de 52,58 ± 2,85 en San Andrés. Entre épocas climáticas se observan diferencias.

Temperatura: La temperatura superficial del agua fluctúa entre 33,6 y 22,8°C, registrando aguas más frías en época seca y con ligeras diferencias entre las islas de Providencia y San Andrés (p < 0,05). Históricamente, la temperatura promedio en San Andrés es de 28,7 ± 1,3°C y en Providencia es de 28,2 ± 1,2° (Bernal *et al.*, 2006 en CORALINA-INVEMAR, 2012).

Ph: Por su condición oceánica, las aguas del Archipiélago son básicas y oscilan entre 7,2 a 9, sin diferencias marcadas entre épocas climáticas y sus valores en las islas cumplen con el criterio de calidad para propósitos de preservación de flora y fauna según el Decreto 1594 de 1984 (6,5 – 8,5; Minsalud, 1984 en CORALINA-INVEMAR, 2012)

Oxígeno disuelto: El oxígeno disuelto (OD) osciló en un rango de 1,32 a 12,03 mg/L y los valores por debajo del límite establecido en el Decreto 1594 de 1984, para preservación de fauna y flora (>de 4 mg/L; Minsalud, 1984), se observan en época de lluvias. Históricamente en San Andrés los valores más bajos se registran en la zona de bahía El Cove (7%; 1,32 mg/L) y bahía Hooker (7%; 3,1 mg/L), mientras que en Providencia han sido más frecuentes los valores por debajo de la norma en McBean Lagoon (30%), Gully Bottom House (30%) y Electrificadora (21%). Los niveles bajos de oxígeno disuelto y su tendencia al descenso reportados en San Andrés y Providencia pueden estar relacionados con los aportes de aguas residuales domésticos y las escorrentías, que llevan altos contenidos de materia orgánica, y por los procesos biogeoquímicos de ecosistemas de manglar adyacente en algunos sitios, ya que estos pueden crear condiciones anóxicas en el sedimento de fondo (Parra y Espinosa, 2007) y disminución del oxígeno disponible en una columna de agua poco profunda, generando efectos adversos en procesos reproductivos o metabólicos de peces y otras especies (Randall *et al.*, 2007 en CORALINA-INVEMAR, 2012)

Sólidos suspendidos totales: Generalmente las concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST) del Archipiélago son bajos comparados con otras zonas costeras del país, dada las características oceanográficas de estas islas, pero aumentan en temporadas de lluvias por las escorrentías que llegan a la zona costera. La entrada de SST promedio en Providencia (8,2 ± 10,8 mg/l) es superior a los SST de San Andrés (7,09 ± 6,2 mg/l), debido a la carga de sedimentos que aportan las microcuencas hidrográficas (CORALINA-INVEMAR, 2012).

Nutrientes inorgánicos disueltos (Nitrógeno y Fósforo): El comportamiento del nitrógeno inorgánico disuelto (NID: NO_3 + NH4) en las formas de nitratos (NO_3) y amonio (NH_4) muestra una alta variación entre años y épocas climáticas, demostrando que la presencia de estos nutrientes no solo está controlada por las descargas terrestres directas de las islas, sino también por la escorrentía en épocas de lluvias. Los niveles más altos se registran en los años 2005 y 2006, con una ligera tendencia al aumento en el tiempo. En Providencia el NID promedio es de 74,4 ± 39,4 µg/l (CORALINA-INVEMAR, 2012).

Por otro lado, en San Andrés el NID promedio es de 82,2 ± 50,9 µg/l y los valores promedios más altos se presentan en el sector de desagüe del alcantarillado 113 µg/l± 91,3) donde descargan los vertimientos continuos de aguas residuales de la isla (Amaya y Abdulazis, 2004 en CORALINA-INVEMAR, 2012).

Los niveles de fósforo inorgánico disuelto en forma de ortofosfatos (PO_4 -2) presenta gran variación entre años y épocas, el 80% de los datos son inferiores a 100 µg/l y el 20% restante son datos puntuales altos, que se midieron en 2006 (en la mayoría de las zonas en 2007 y 2009, principalmente en la temporada de lluvias. La variación de ortofosfatos es muy alta, principalmente en Providencia (1,8 y 1352 µg/l) por su promedio histórico de 88,9 ± 183,7 µg/l. Por otro lado, en San Andrés el promedio de ortofosfatos es de 68,12 ± 120,12 µg/l y es evidente la tendencia actual al aumento, donde las mayores concentraciones se encuentran al norte por la zona más poblada, en las áreas de influencia del basurero, su presencia en el agua puede estar indicando concentraciones importantes de fósforo en los vertimientos de aguas residuales y escorrentías terrestres.

Los valores de altos de nutrientes que presentan las aguas marinas y costeras de las islas podrían representar un riesgo para la conservación de las áreas coralinas porque el enriquecimiento de nutrientes (nitrógeno y fósforo) puede ocasionar cambios en la productividad primaria, eutrofización, florecimiento de algas tóxicas, crecimiento de patógenos, entre otras condiciones que no son favorables para la productividad y diversidad de los ecosistemas costeros (Miller, 1996 en CORALINA-INVEMAR, 2012).

Hidrocarburos del petróleo y plaguicidas: El comportamiento histórico de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) muestra incrementos en las temporadas de lluvias, que se atribuye a las escorrentías que llegan a la zona costera, a la actividad marítima y portuaria del sector (bahía Hooker y muelle San Andrés), pero en general, las concentraciones han sido inferiores al valor de referencia de 10 µg/l de UNESCO.

En cuanto a los plaguicidas, no se han detectado en aguas marinas y costeras en la mayoría de las áreas, con excepción de los años 2005 y 2006 donde se registran concentraciones de organoclorados por encima del valor de referencia (30 ng/l; Garay *et al.*, 2002; Marín, 2002), en el muelle Santa Isabel con niveles de 59 ng/l y de 148 ng/l, superando las concentraciones encontradas en el territorio continental. En los últimos años las concentraciones de organoclorados han sido inferiores al límite de detección de la técnica analítica. En la época seca las concentraciones están por debajo del límite de detección. Lo anterior indica que las concentraciones de compuestos organoclorados siguen su tendencia descendente y en la actualidad no representan riesgo para los organismos marinos.

Contaminación microbiológica: El comportamiento histórico de coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE), muestra en general que la mayoría de las aguas recreativas del Archipiélago son de buena calidad sanitaria. Se evidenció que aunque no existe una tendencia temporal definida, las concentraciones aumentan notablemente en las épocas lluviosas y además de que las concentraciones de CTT son superiores en la isla de San Andrés en comparación con Providencia. En San Andrés las zonas que más veces superaron el criterio admisible de CTT para fines recreativos por contacto prima rio como baño y natación, según la legislación colombiana (>1.000 CTT NMP/100 ml; Minsalud, 1984) se ubican en el sector noroccidental de la isla en Cabañas Altamar (13/20), Punta Norte (9/20) y en Johnny Cay (9/19). En cuanto a la evaluación de las playas con coliformes termotolerantes, estas presentan una calidad adecuada, sin embargo, en algunas ocasiones las estaciones de Johnny Cay (4/20), Hotel Isleño (2/20), Yellow Moon (1/14), Casablanca (1/13) y el Muelle (1/20) en San Andrés han sobrepasado el límite permisible en algunas épocas.

2.4.7. *Residuos Sólidos y Líquidos*

2.4.7.1. *Residuos sólidos (basura, chatarra, material de demolición).*

En la Isla de San Andrés, al lugar de disposición final de basuras Magic Garden, llegan diariamente entre 72 ton. (Temporada baja) y 100 Ton. (Temporada alta). Otros servicios particulares, generados por los hoteles u otros usuarios, depositan allí aproximadamente 20 ton/día

adicionales[9]. El proceso consiste en recolección como se origina en la fuente y en igual forma es depositada en el botadero, sin que exista una selección en la fuente (CORALINA, 1998).

Según el censo ampliado de 2005 (DANE, 2009 en CORALINA-INVEMAR, 2012) el servicio de recolección se establece para el 96,95% de las 16,292 viviendas del Archipiélago (15,021 en San Andrés y 1,271 en Providencia), sin embargo en zonas como manglares y lotes vacíos se depositan gran cantidad de basuras especialmente las relacionadas con las de línea blanca, chatarra, residuos vegetales, colchones, etc., los cuales no son recolectados por el servicio del operador.

Desde 1995 el servicio de aseo (recolección, barrido, limpieza de playas y disposición final de basuras) en la Isla de San Andrés lo realiza una empresa privada (Trash Busters). Esta empresa recibió para su administración la planta de reciclaje instalada por administraciones departamentales anteriores. Esta planta está inoperante pues su capacidad de reciclaje escasamente llega al 10% de la basura recolectada, situación que se presentó desde el mismo momento de su adquisición (CORALINA, 1998).

Por su parte en el municipio de Providencia y Santa Catalina el servicio de aseo en todas sus etapas es prestado por la administración municipal y presenta un alto deterioro de la calidad ambiental en su disposición final (disposición cercana a la costa lo cual origina lixiviados al mar, deterioro del paisaje e impactos a la población circundante).

No se dispone información sobre materiales de demolición, aunque se sabe de la existencia de varias plantas de reciclaje de dichos materiales, los cuales son reutilizados en otras construcciones, una vez que han sido procesados en las plantas de reciclaje respectivas. No existe normatividad acerca de lugares de disposición de materiales de demolición.

La gestión integral de los residuos sólidos en el Archipiélago es deficiente, ya que existen fracciones que no cuentan con manejo, como son los voluminosos (materiales ferrosos, línea blanca, colchones, muebles, entre otros), y los peligrosos (aceites usados, hospitalarios, computadores, televisores, pilas, entre otros). La mayoría de estos residuos son dispuestos indistintamente en cualquier lugar, produciendo los botaderos clandestinos, aumentando así la vulnerabilidad de contaminación de agua, suelo y la salud pública (CORALINA-INVEMAR, 2012).

2.4.7.2. Residuos líquidos (aguas residuales)

En la isla de San Andrés el sistema de alcantarillado sanitario existente, es un sistema combinado de gravedad y bombeo con estaciones elevadoras y descarga final al mar por medio de un emisario submarino el cual entró en operación en 2008.

Las aguas antes de ser vertidas, surten un tratamiento preliminar que remueve los sólidos gruesos y posteriormente son impulsadas al emisario submarino.

- La red de alcantarillado convencional cuenta con menor cobertura en los asentamientos rurales localizados en las zonas altas (cuenca central) y zona sur oriental (cuenca sur), los cuales según L. Arboleda 2010 se encuentran en un 99% sin cobertura del servicio; sin embargo es importante aclarar que la mayor cantidad de asentamientos humanos en la isla se localizan en la zona norte,

[9] Esta situación se debe a que los hoteles no tienen sitios suficientes para depositar temporalmente la basura y su acumulación se produce después de los recorridos diarios de los carros recolectores de la empresa recolectora.

zona que cuenta con una cobertura del 43,6% (PROACTIVA Aguas del Archipiélago S.A E.S.P., 2012).

Debido a este porcentaje de cobertura, la gran mayoría de la población usa pozos sépticos con diseños pobres, lo que convierte este sistema en campos de infiltración de aguas contaminadas a las fuentes hídricas subterráneas.

En las zonas no conectadas a la red, el sistema de disposición emplea comúnmente son pozos sépticos, los cuales son construidos con bajos requerimientos técnicos y escaso mantenimiento, condición que aumenta los procesos de contaminación de los acuíferos y vertimientos superficiales; también existe una porción de la población que emplean letrinas o simplemente vierten al suelo y calles, generando problemas ambientales, salubridad pública, entre otros.

En Providencia el 60% de las viviendas disponen de tanque séptico. En las zonas de población concentrada se presentan problemas de rebosamiento de los pozos, especialmente en invierno. Otro 37% de las viviendas disponen las excretas a campo abierto, aún en sectores de concentración poblacional y de viviendas. Sólo el 3% de las viviendas cuenta con descarga de aguas residuales a pozos de absorción. No se encuentran letrinas.

Para el año 2003 se construyó en la isla de Santa Catalina la red de alcantarillado, el cual tiene una cobertura del 100% de la población de la isla. Dicha red está complementada con un sistema de tratamiento de aguas residuales secundario con los procesos de sedimentación, digestión anaerobia y filtración, el cual en los últimos años ha venido operando deficientemente. Por otra parte, la Corporación ha localizado otras fuentes puntuales de contaminación microbiológica en la zona de alcantarillado, muelle Santa Isabel, batallón, bahías del Cove y Hooker, con valores de coliformes que sobrepasan los límites permisibles para contacto primario y secundario (CORALINA-INVEMAR, 2012).

Según cálculos teóricos se estima que en el Archipiélago se vierten cerca de 12.563 m^3/día de aguas residuales domésticas de acuerdo con el factor de consumo de la población y en función del nivel de complejidad de San Andrés (alto) y Providencia (medio) (UNEP-RCU/ CEP, 2008; Mindesarrollo, 2002). Estos vertimientos descargan a la zona costera 1.843 ton/año de sólidos suspendidos, 53 ton/año de nitrógeno inorgánico disuelto, 21 ton/año de fósforo inorgánico disuelto y 266.957 NMP/año de bacterias coliformes termotolerantes, y generan una demanda de 1.106 ton/año de DBO5 y 2.634 ton/año de DQO, los cuales pueden representar riesgos sanitarios en las aguas costeras con fines recreativos (playas) o afectar el desarrollo de los ecosistemas marinos y los recursos de fauna y flora asociados. En razón a que las descargas de aguas residuales domésticas, así como las escorrentías continentales, por su aporte de nutrientes y mayores temperaturas causan deterioro en los arrecifes coralinos (favoreciendo el crecimiento de algas y organismos bentónicos filtradores), y por las sustancias tóxicas (detergentes y blanqueadores) que pueden inducir cambios metabólicos y fisiológicos (Díaz *et al.*, 1995 en CORALINA-INVEMAR, 2012).

2.4.7.3. Residuos líquidos (vertimientos marinos)

El Muelle Departamental, administrado por la Sociedad Portuaria, se localiza en el sector industrial de la isla y recibe buques de cabotaje de hasta 1.000 toneladas, hay otros pequeños muelles para embarcaciones menores dedicadas al turismo y marinas que expenden combustible y lubricantes a lo largo de la isla (Garay y Castro, 1993).

En 2007 se construyó un muelle que recibe turistas de cruceros en el sector de El Cove, el cual sirve de zona de fondeo para buques de la Armada Nacional, y en Providencia existe solo un muelle principal ubicado al norte de la isla, al final de un angosto canal de navegación. Las actividades marítimas y portuarias han generado contaminación en el pasado, especialmente en bahía Hooker en los tiempos cuando operaba la planta de energía eléctrica, la cual utilizaba diésel y más recientemente en el sector marítimo y portuario por la manipulación de combustibles, las descargas de aguas de sentinas, residuos de lubricantes y agua de refrigeración de motores de los barcos. Además, por pequeños escapes en las marinas, lanchas, motos acuáticas, al igual que los residuos de aceite lubricante quemado de vehículos terrestres (CORALINA-INVEMAR, 2012). Todo esto ha generado que en las aguas marinas cercanas a la isla, siempre se han detectado concentraciones significativas de hidrocarburos derivados del petróleo.

2.5. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ACTUAL

2.5.1. *Diagnóstico del estado actual del componente físico*

2.5.1.1. Clima

De acuerdo con el sistema de clasificación de Koeppen (1973) en IGAC, 1998), el clima ambiental del archipiélago es Tropical Lluvioso de Bosque de Tipo Ami, es decir, húmedo con lluvias durante todo el año pero con periodos menos lluviosos. Según la clasificación por pisos térmicos y condiciones de humedad, el Archipiélago corresponde al clima Cálido Seco (tomado de IGAC, 1998). Por su parte Posada y Guzmán (2007) plantean que el clima en el Caribe Colombiano presenta altas temperaturas y los vientos se conjugan en un clima cálido semi – húmedo y tropical semiárido (con dos periodos climáticos principales, llamados época seca (verano) y época húmeda (invierno) y una época de transición. El clima se encuentra influenciado por los desplazamientos norte-sur de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT),del movimiento meridional del sistema de monzones americanos y por la temporada de huracanes del Caribe que se presenta desde junio hasta noviembre.

Por otra parte entre los meses de diciembre y abril se presenta el fenómeno de mar de leva, cuya duración es de 48 horas, y se refuerzan por las acción de los vientos alisios que soplan en dirección este-noreste en esta época (Morales *et al.*, 2001 en Posada y Guzmán, 2007).

La influencia de estos vientos, cuya procedencia es NE, determina en gran parte la época lluviosa en la isla la cual inicia para el mes de mayo, y alcanza su máximo durante los meses de octubre y noviembre prolongándose hasta diciembre.

La evaporación en la isla de Providencia y en general para todo el Archipiélago oscila entre los 70 y 160 mm durante todo el año con los valores mayores en los meses de marzo y abril. En general se da un excedente hídrico en el periodo comprendido entre mayo y diciembre, con un déficit en los meses de enero, febrero y marzo. La cantidad de agua que podría ser utilizada como recurso en las épocas de lluvia sería de 815 mm durante un año Niña, 733 mm para un año Niño y de 827 mm en un año Neutro (Gonzalez & Grant, 2003 en Rangel-Buitrago, 2012).

Precipitación

La isla de San Andrés cuenta claramente un ciclo unimodal de la lluvia, pudiéndose definir dos temporadas principales y una de transición; una temporada de déficit de lluvias entre los meses

de enero y abril (168 mm de lluvia acumulada), una temporada de exceso de lluvias entre los meses de junio y noviembre (1509 mm de lluvia acumulada) y dos meses de transición (mayo y diciembre). El mes más lluvioso es octubre con un promedio de 338 mm y el más seco es marzo con un promedio de 22 mm. La precipitación promedio en la Isla es de 1973 ± 80 mm y el IDEAM plantea que la precipitación media anual es de 1850 mm (tomado de CORALINA y Universidad Nacional, 2010) (Figura 87).

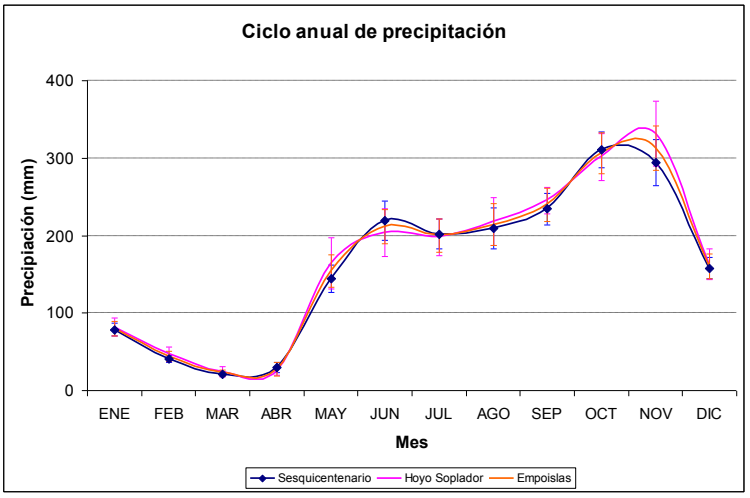


Figura 86. Ciclo anual promedio de las precipitaciones en las tres estaciones de registro (tomado de CORALINA y Universidad Nacional 2010).

En cuanto a la relación de la precipitación con fenómenos macroclimáticos como el ENOS (El Niño-Oscilación del Sur en sus dos fases extremas El Niño (fase cálida) y La Niña (fase fría)), en general, las lluvias mensuales del periodo agosto-noviembre (excepto octubre) son mayores durante El Niño que durante La Niña, mientras que las lluvias del periodo diciembre (año 0) - mayo (año +1) son mayores durante La Niña que durante El Niño (tomado de CORALINA y Universidad Nacional, 2010) (Figura 87).

Durante los años La Niña llueve más respecto a los años El Niño, para la temporada de diciembre a mayo y durante los meses de julio y octubre, presentándose la mayor diferencia durante el mes de julio con más de 50% de precipitación adicional. Sin embargo para los meses de junio, agosto, septiembre y noviembre las lluvias son menores para años La Niña respecto a años El Niño, en especial durante el mes de noviembre.

Se puede concluir que el fenómeno ENOS afecta notoriamente el comportamiento de las precipitaciones, de tal forma que se presentan en general o predominantemente déficits de lluvia durante la fase El Niño y excesos de lluvias durante la fase La Niña. Por su parte González & Grant (2003) en Posada y Guzmán (2007) plantean que la precipitación promedio presenta una diferencia de 30 mm entre los años Niño y Niña.

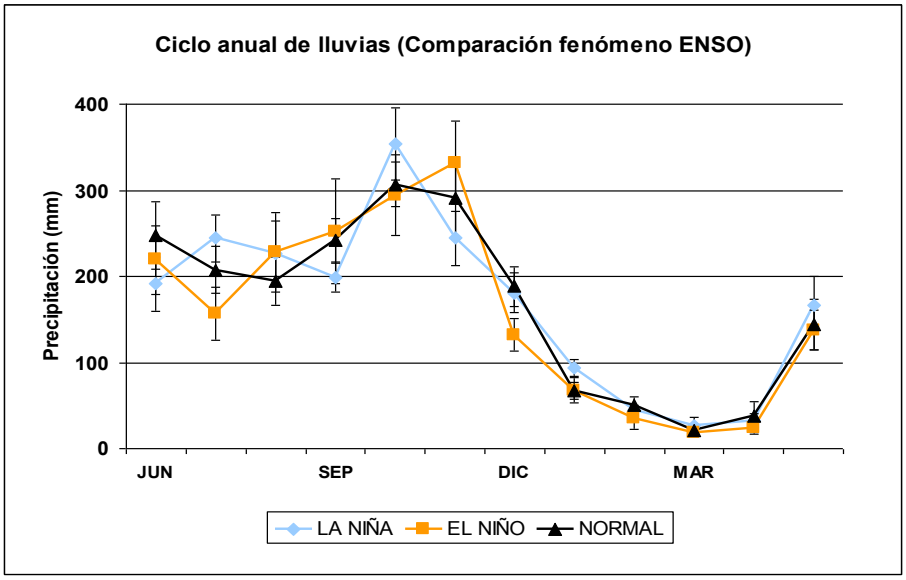


Figura 87. Ciclo anual promedio de las lluvias durante las fases extremas del ENOS (El Niño y La Niña), así como durante épocas normales (tomado de CORALINA y Universidad Nacional, 2010).

Temperatura

Por su localización en la zona de convergencia intertropical (ZCIT), el archipiélago se caracteriza por las altas temperaturas y la influencia de los vientos Alisios del NE. Las temperaturas máximas medias se presentan en los meses de mayo a junio y las mínimas medias en febrero, teniendo como temperatura media anual 26,7°C. Los meses menos cálidos son diciembre, enero y febrero, por la influencia de los vientos alisios del noreste (González & Grant, 2003 en Lozano-Zafra *et al.*, 2011). El Archipiélago presenta un ciclo unimodal de la temperatura como se puede observar en la Figura 82.

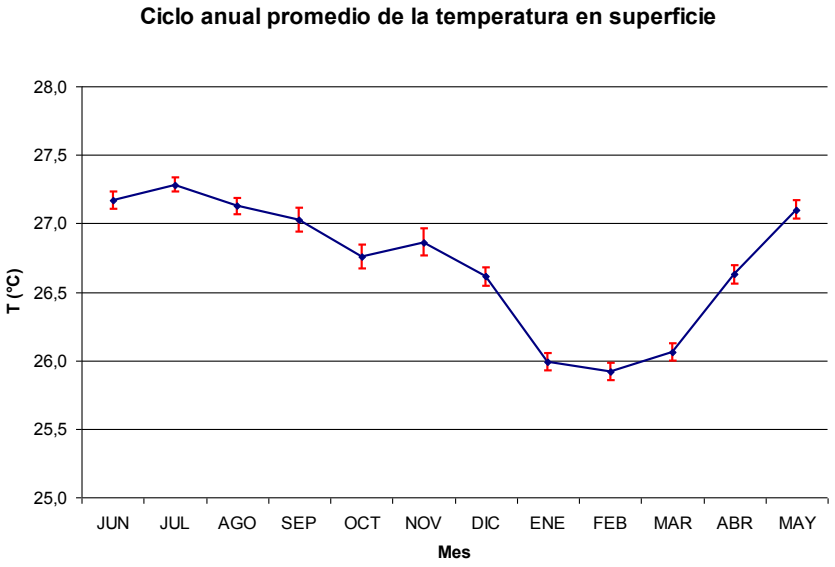


Figura 88. Ciclo anual promedio de la temperatura en superficie (tomado de CORALINA y Universidad Nacional, 2010).

En cuanto a su variabilidad durante las dos fases del ENOS, así como durante épocas normales, durante los años La Niña las temperaturas descienden del orden de 0,5 ºC con respecto a los años normales mientras que para años El Niño no se presenta un comportamiento muy claro con respecto a años normales, pero sí con aumentos de temperatura con respecto a los años La Niña. En general el comportamiento del ciclo anual muestra unos meses típicamente más cálidos correspondientes a la temporada junio-noviembre una temporada más fría en los meses de diciembre a mayo. Las mayores temperaturas se dan precisamente en la temporada de lluvias.

Temperatura del mar y Salinidad

Los resultados de los cruceros oceanográficos realizados por Dimar-CIOH (1998) en Posada y Guzmán, (2007) muestran la temperatura superficial el agua oscilando entre los 26,7°C y los 28°C, con un promedio de 27,7 °C. La salinidad varió entre 35,7 ppm y 36,5 ppm, con un promedio de 36 ppm. Todos estos datos son representativos del Caribe occidental. La termoclina se registró a profundidades de 30, 50 y 75 m, siendo la de 50 m la más frecuente (Posada y Guzmán, 2007).

La temperatura del agua litoral no varía significativamente con respecto a las aguas oceánicas (28° +/- 2,2°C), aunque en aguas someras se registran valores hasta de 41°C (Díaz *et al*., 1995 en Posada y Guzmán, 2007).

Velocidad de viento

El IDEAM en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2009), plantea que en el archipiélago se presenta un régimen constante a lo largo de los meses, con intensidades en torno a 10 m/s. Los meses de septiembre y octubre son los que presentaran menor intensidad de vientos, las rachas máximas se presentan entre agosto y noviembre, los valores que varían entre 45 y 70 km/h (Figura 89).

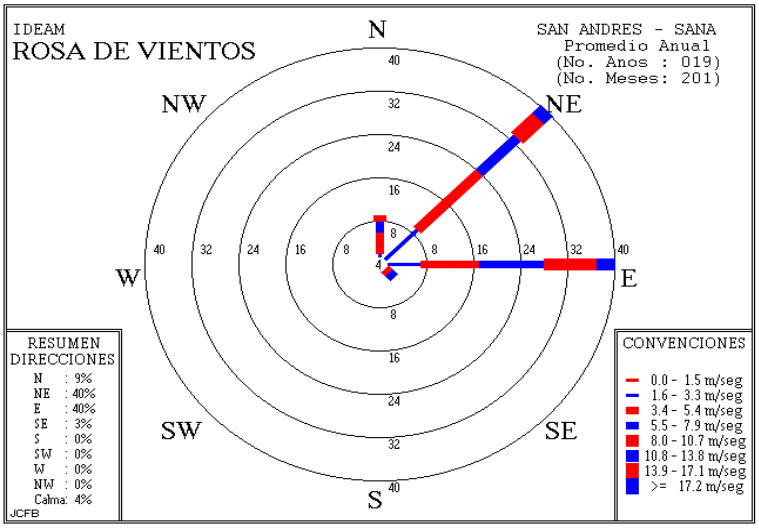


Figura 89. Rosa de Vientos para el sector de la isla de San Andrés (IDEAM 2008, en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

Otra característica del comportamiento anual de los vientos es la presencia de un pico en la velocidad verificado en todos los meses de cada año (Figura 90), correspondientes a eventos de borrascas que ocurren con frecuencia en la región del mar Caribe. Los vientos reinantes (más frecuentes) en la isla son claramente del primer cuadrante, principalmente de las componentes NNE, representando prácticamente el 80% de los vientos. El resto de componentes resultan minoritarias, siendo un régimen de vientos claramente unimodal.

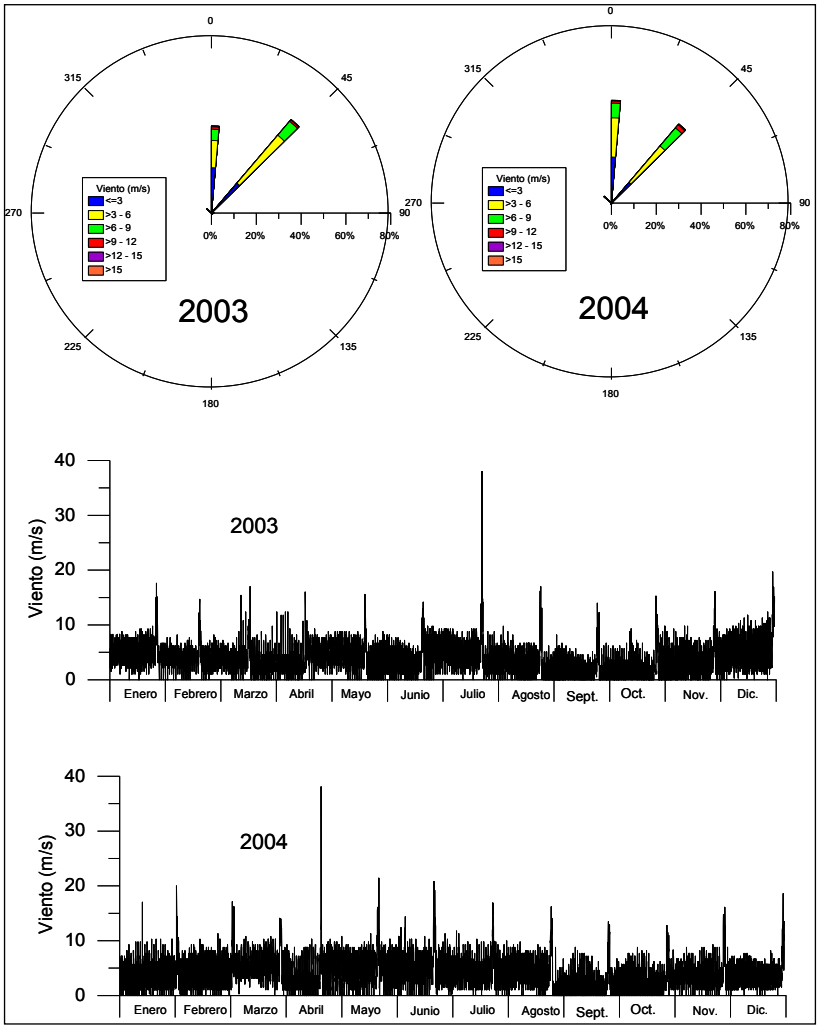


Figura 90. Intensidad y dirección de los vientos para los años 2003 y 2004. (FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2009).

Posada y Guzmán (2007) plantean también que los vientos son relativamente estables al sur de 14° de latitud con circulación dominante este - oeste en la parte oriental de la cuenca pero adopta una distribución en abanico que se caracteriza por una rotación noreste - suroeste entre la península de La Guajira y las costas de Centroamérica. Durante el año, el 84% del tiempo el viento sopla con una dirección E – NE, propia de los vientos Alisios que vienen del hemisferio Norte; un 9% viene del Norte, 3% son vientos del S-E y el resto tiene otras direcciones que se presentan con más frecuencia asociadas a las lluvias. La velocidad media de los vientos es siempre inferior a 12 $m.s^{-1}$ y muestra un máximo de diciembre a marzo, un máximo relativo enjulio y agosto, y un

mínimo entre septiembre y noviembre (CNRS, 2006 en Posada y Guzmán, 2007). Las velocidades en diciembre – enero, son en promedio de 8 m/s y en septiembre – octubre bajan hasta 3m/s (Steer, 2002 en Posada y Guzmán, 2007) (Figura 91).

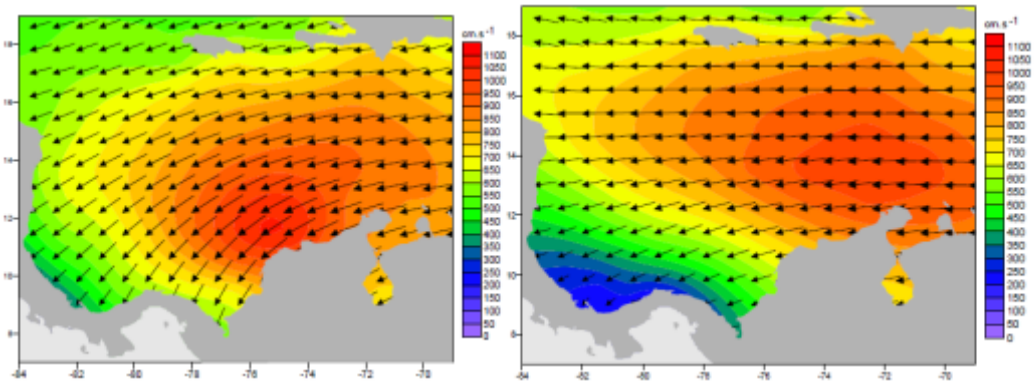


Figura 91. Velocidad y dirección del viento para los meses de febrero y junio. Datos de satélites ERS-1, ERS-2 y QUIKSCAT; resolución de 1.0°x1.0° para el periodo comprendido entre 1991 y 2006 (tomado CNRS, 2006 en Posada y Guzmán, 2007).

Evapotranspiración

La evapotranspiración real anual promedio es del orden de 1253 ±26 mm/año (CORALINA y Universidad Nacional, 2010), la cual fue validada por los métodos de Turc (1961), Budyko (1971), Coutagne (1954) y Choudhury (1999).

González & Grant (2003) en Posada y Guzmán (2007) por su parte plantean que la evaporación en el archipiélago oscila entre los 70 y los 160 mm durante el año con los valores mayores en marzo y abril. En general se presenta un excedente hídrico en el período comprendido entre mayo y diciembre, con un déficit en los meses de enero, febrero y marzo. La cantidad de agua que podría ser utilizada como recurso en las épocas de lluvia sería de 814,4 mm en año Niña 733,1mm para un año Niño y de 827,7mm en un año Neutro.

2.5.1.2. Oceanografía

Datos de marea

Como en gran parte del Caribe colombiano, la variación de mareas es de unos 30 cm, llegando eventualmente hasta 50 cm.

La marea de Caribe colombiano es semidiurna y presenta una irregularidad que genera que su amplitud, generalmente inferior a 0,5 m no sea uniforme las dos veces durante el día. Se caracteriza como una micromarea en la que predomina la componente armónica diurna (Javelaud, 1987 en Rangel-Buitrago, 2012). El IDEAM (2002) en Rangel-Buitrago (2012), plantea que la marea es de tipo mixta semidiurna, con una amplitud generalmente inferior a los 0,5 m por lo que se caracteriza como de tipo micromareal y esta a su vez es un factor importante en la dinámica de las aguas de las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, estando amortiguadas en la parte oriental por la barrera arrecifal y bajos arenosos.

Lozano-Zafra *et al.* (2011), expone que la marea que predomina en esta zona del mar Caribe es bastante regular en todo el año y tiene las componentes semidiurna y diurna, con un cambio no mayor a 0,3 m, excepto en sicigia cuando puede alcanzar 0,6 m.

Muy puntualmente, la circulación es determinada casi en su totalidad por las mareas, aunque con la influencia de los vientos del E y NE. Además, durante el año los vientos inciden en la superficie del agua, dando origen a corrientes de vientos o superficiales que no se extienden más de 3 pies bajo la superficie; por debajo de este valor actúan las corrientes inducidas por la marea, las cuales tienen un comportamiento cíclico dependiente del régimen de marea, máximo de 4 cm/s con marea bajando y 6cm/s con marea subiendo (Lozano-Zafra *et al.*, 2011) (Figura 92).

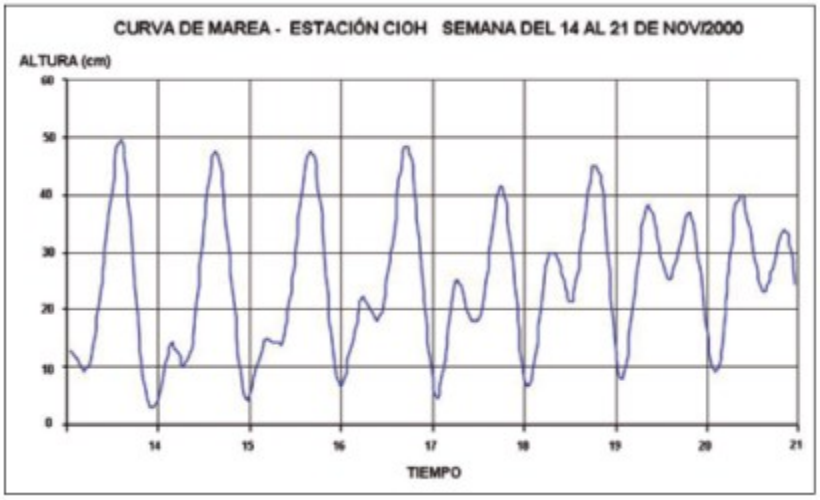


Figura 92. Registro característico de la amplitud diaria de la marea registrada en la estación del CIOH de Cartagena, la semana del 14 al 21 de noviembre de 2000 (tomado de Morales et al., 2001 en Posada y Henao, 2008).

Respecto al análisis de marea realizado por CORALINA y Universidad Nacional (2010), en el cual se pretendió cuantificar las variaciones del ciclo diurno de marea y su posible impacto sobre el acuífero de la isla de San Andrés, se trabajó a partir de los datos de mareógrafo correspondientes al período 1997–2008 obteniéndose los ciclos diurnos de marea para años El Niño, La Niña y años normales, a lo largo del año hidrológico (correspondiente al período junio – mayo). En la Figura 93 se muestra el ciclo diurno de la marea total. Los registros más altos se presentaron a la hora 07:00 y la hora 20:00. Se observó que durante los años El Niño se presentan, en general, mareas mucho más fuertes, con diferencias notables en los meses de diciembre y enero, y abril y mayo. Cabe resaltar que los valores de las diferencias en las mareas son de 13 ± 5 cm, tanto para años El Niño como para años La Niña, por lo cual el impacto real sobre el acuífero, y en especial sobre la zona del Cove, no representa un grave problema para la calidad del mismo.

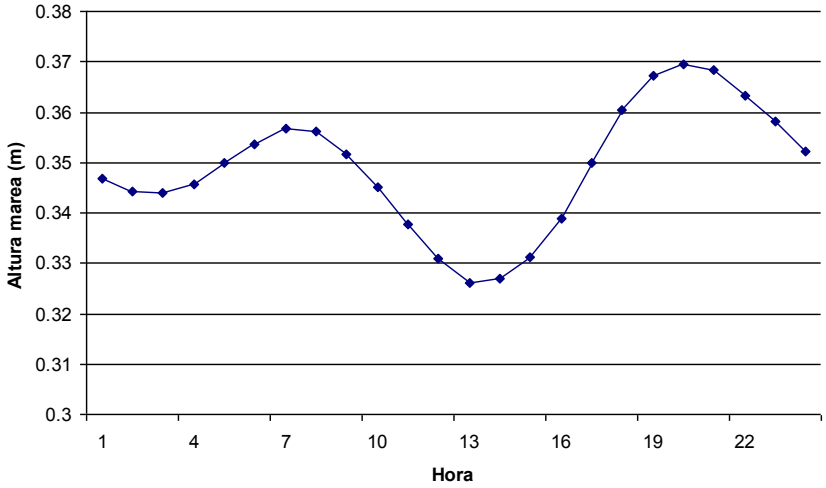


Figura 93. Ciclo diurno de marea (tomado de CORALINA y Universidad Nacional, 2010).

Corrientes

Posada y Guzmán (2007) exponen que las corrientes que afectan las costas del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina tienen un carácter regional a nivel del mar Caribe, del orden de decenas de kilómetros y las locales muy cercanas a la línea de costa y que cubren decenas a centenas de metros.

Las corrientes superficiales del Caribe ocurren en los primeros 50 a 100 metros de la columna de agua y corresponden a la corriente Ecuatorial del Caribe y la de Guayana que entran por distintos puntos a través de las Antillas y se unen para formar la corriente del Caribe, llamado luego Corriente del Golfo de México (Steer, 2002 en Posada y Guzmán, 2007).

La corriente del Caribe fluye con dirección Este-Oeste con velocidades de 0,5 – 1 m/s, divergiendo al llegar a la península de Yucatán, para dirigirse al Norte a México por un lado y por el otro al Sur hacia las costas de Centroamérica hasta el golfo del Darién, para luego subir al noreste bordeando la costa colombiana formando la contracorriente del Darién, llamada finalmente Célula de Circulación Ciclónica en el Caribe Sureste. En el archipiélago, se divide al tocar la plataforma continental de Centroamérica dando origen a un ramal Sur que se dirige a Costa Rica y Panamá y uno Norte que se dirige hacia Honduras. Su influencia en las islas es poca (Steer, 2002 en Posada y Guzmán, 2007).

Las corrientes locales son superficiales y están controladas principalmente por el viento y luego por el efecto de las corrientes superficiales oceánicas próximas a la margen insular (Steer, 2002 en Posada y Guzmán, 2007). Las corrientes predominantes, impulsadas por los vientos alisios del nororiente, arriban a la plataforma insular por el nororiente, atravesando la barrera arrecifal por varios puntos para divergir luego por el lado norte y oriente de la isla y continuar hacia el sur (Posada y Guzmán 2007).

Una vez sobrepasa la barrera externa arrecifal, la corriente alcanza en la laguna velocidades de 0,2 m/s, mientras que en cercanías de la costa oriental no sobrepasa los 0,1 m/s (Carreño, 1985, citado por Díaz *et al.*, 1995).

El litoral nororiental, por otro lado, por ser un área protegida por Little Reef y Big Reef, no presenta corrientes litorales con velocidades importantes, siendo las mayores cerca de la zona arrecifal,

con 17 cm/s y las menores en áreas abrigadas con 7 a 8 cm/s (Salazar, 2003 en Posada y Guzmán, 2007). Las corrientes al Norte de punta hansa se dirigen generalmente hacia el Noroeste, saliendo de la laguna arrecifal entre Johnny Cay y la isla principal.

Muy puntualmente, la circulación es determinada casi en su totalidad por las mareas, aunque con la influencia de los vientos del E y NE. Además, durante el año los vientos inciden en la superficie del agua, dando origen a corrientes de vientos o superficiales que no se extienden más de 3 pies bajo la superficie; por debajo de este valor actúan las corrientes inducidas por la marea, las cuales tienen un comportamiento cíclico dependiente del régimen de marea, máximo de 4 cm/s con marea bajando y 6 cm/s con marea subiendo (Posada y Guzmán, 2007).

Para la costa occidental se han deducido estadísticamente corrientes superficiales con direcciones suroeste y oeste, resultantes de la fricción del viento sobre las capas superficiales y el proceso conocido como la espiral de Ekman. Estas coinciden con algunas mediciones realizadas por el CIOH en junio y diciembre de 2001en la costa occidental próxima al antiguo basurero (CIOH, 2002 en Posada y Guzmán, 2007) (Tabla 14).

Tabla 14. Valores promedio de corrientes medidas en la costa occidental de San Andrés, cerca al antiguo basurero (CIOH, 2002 en Posada y Guzmán, 2007).

	Junio de 2001		Noviembre 2001	
Profundidad	Dirección	Vel. cm/s	Dirección	Vel. cm/s
Superficie	224°	42,2	162°	58,1
-20 m	241°	38,4	203°	52,1
-40 m	231°	36,8	263°	53,1

Por otro lado los sistemas circulatorios de corrientes correspondientes a las corrientes inducidas por oleaje, fueron modelados por Copla SP (GIOC, 2002 en FONADE, 2010), en donde se resuelven las ecuaciones de flujo dentro de la zona de rompientes a partir de los resultados derivados de los casos de propagación del oleaje en aguas someras y teniendo en cuenta lo referenciado en el libro de Geister (1972) en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2010a) para verificar las direcciones de las corrientes (Figura 94).

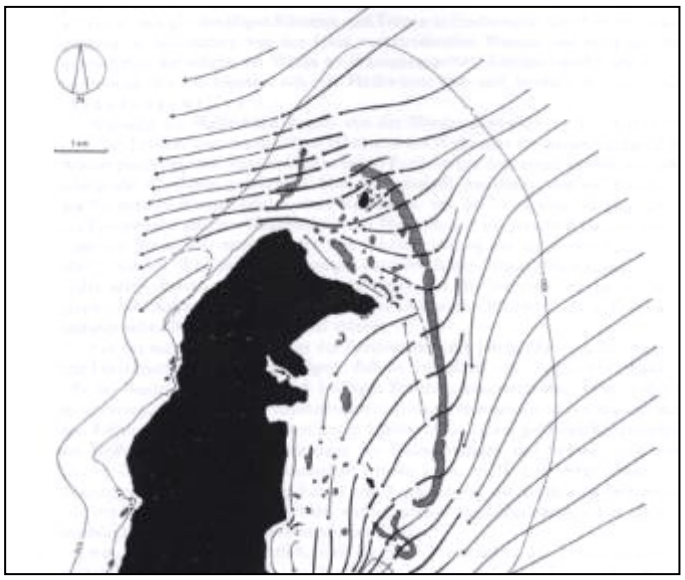


Figura 94. Direcciones predominantes según Geister (1972) en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010 a.

Para la dirección más frecuente, Este (E); las corrientes medias toman sentido Norte – Este con valores de 0,07 m/s, para el caso de oleaje medio de altura de 1,5 m. Se aprecia el fenómeno de difracción asociado a la presencia de la barrera arrecifal (Figura 95).

Para la dirección Sur-Este (SE), la cual es menos frecuente, pero con incidencia directa sobre la costa, el patrón de corriente media sigue un sentido similar al anterior con intensidades de 0,1 m/s, para el caso de oleaje medio de altura 1,5 m (Figura 96).

Para las playas de Sprath Bight se reporta en este estudio, que las corrientes presentan intensidades que no exceden los 0,2 m/s, para las direcciones predominantes y diferentes alturas de olas en profundidades indefinidas.

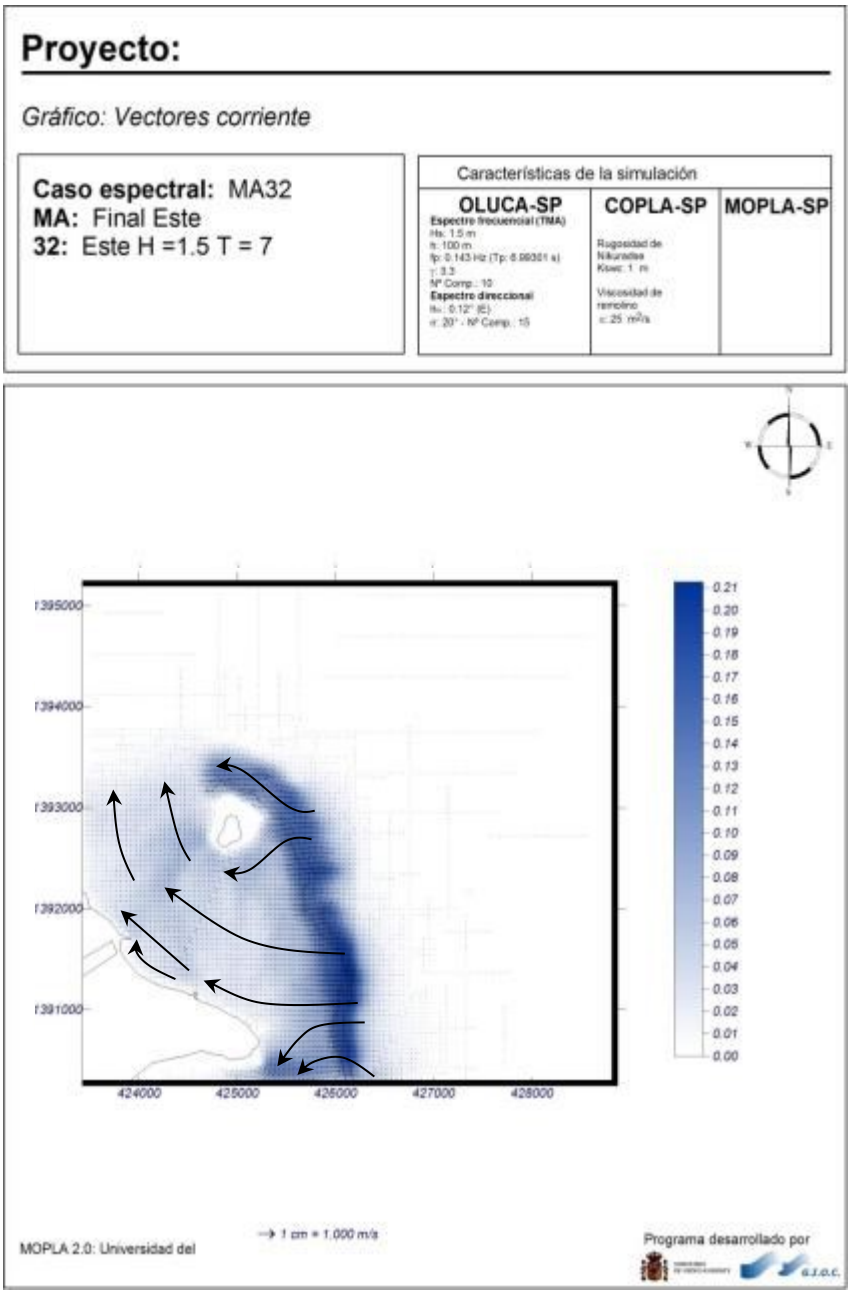


Figura 95. Magnitud y dirección de corrientes inducidas por oleaje en el sector de Sparth Bight Dirección Este. Hs: 1.5 m Tp: 7 s (tomado de FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

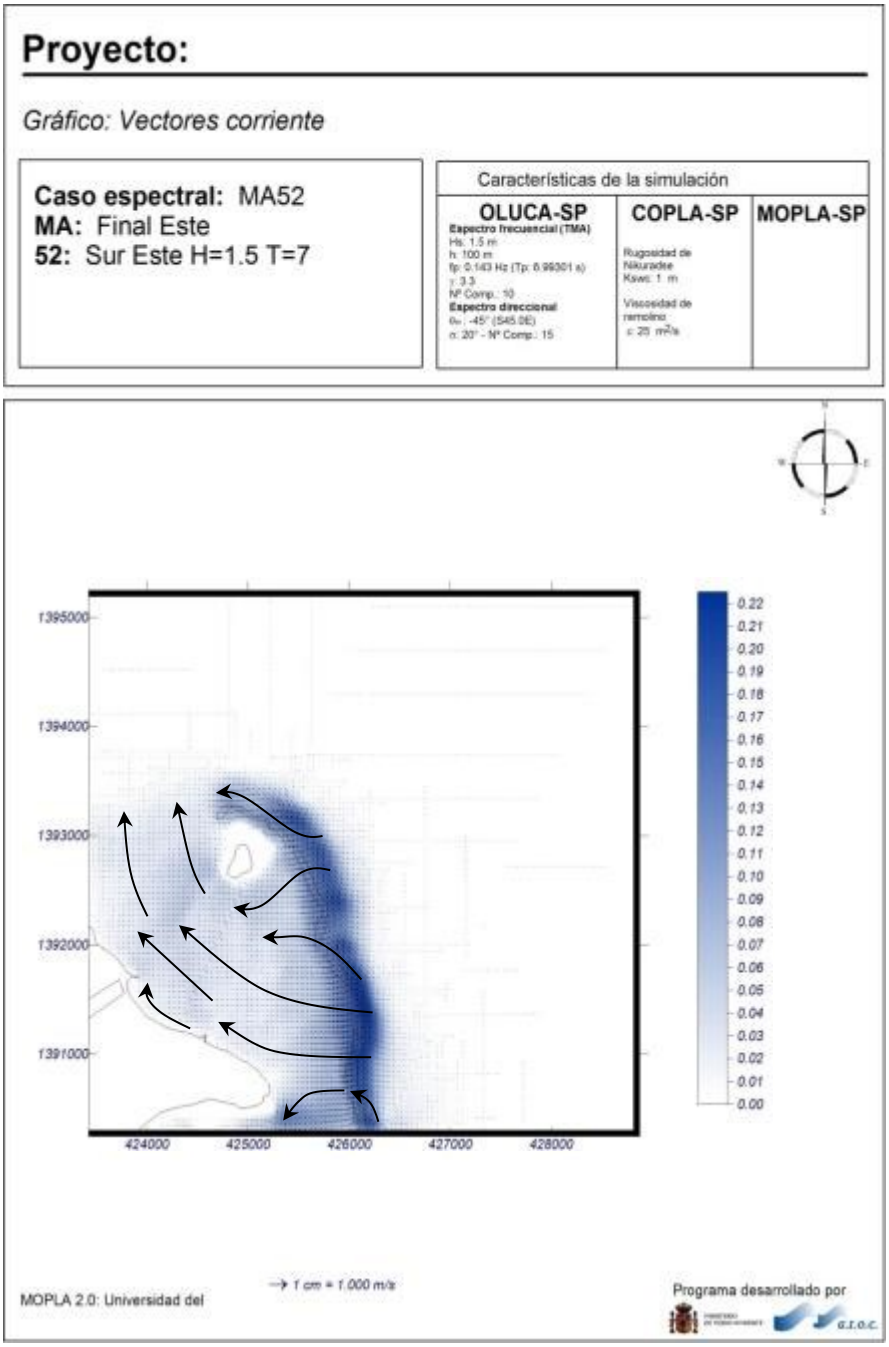


Figura 96. Magnitud y dirección de corrientes inducidas por oleaje en el área de estudio. Dirección Sureste. Hs: 1,5 m Tp: 7 s (tomado de FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

Oleaje

Steer (2002) en Posada, y Guzmán (2007), plantea que el principal generador de olas en la parte oriental de San Andrés y Providencia es el viento, de sus características depende la amplitud, dirección y frecuencia de las olas. De acuerdo con esto, las olas llegan a la costa oriental desde

el E-NE, con periodos entre 9 y 13 segundos y rompen sobre la barrera arrecifal donde son atenuadas y sólo olas de menor amplitud pasan la barrera y llegan a la costa. Las olas son refractadas al tocar el fondo de la plataforma de las islas, chocando frontalmente con la barrera arrecifal (en el lado sureste de San Andrés contra la isla).Sobre la costa occidental, las olas del E-NE llegan de forma indirecta, por la refracción que sufren en los extremos norte y sur de la isla. La profundidad de la terraza arrecifal (15 a 4 m) causa que las olas rompan contra el acantilado, a excepción de aquellas de mayor periodo que sufren el proceso de asomeramiento antes de alcanzar la costa. Oleajes menos frecuentes de S y SW se presentan asociados con tormentas tropicales o huracanes y atacan directamente la costa occidental de la isla.

Existe una fuerte analogía entre las direcciones de las olas y los vientos, por lo que a mayor energía del viento mayor es la altura de la ola (ICOADS en Thomas, 2006a en Posada y Henao, 2008).

La altura de las olas es en promedio mayor durante la época seca que durante la lluviosa; para la época seca la altura de la ola oscila entre 1,0 y 1,5 m, aumentando hasta 2,5 m durante el paso de frentes fríos, mientras que para la temporada de lluvias la altura de las olas oscila entre 0,5 y 1,2, aumentando hasta 1,8 m durante el paso de ondas tropicales del Oriente (Steer, 2002 en Posada, y Guzmán, 2007) (Figura 97).

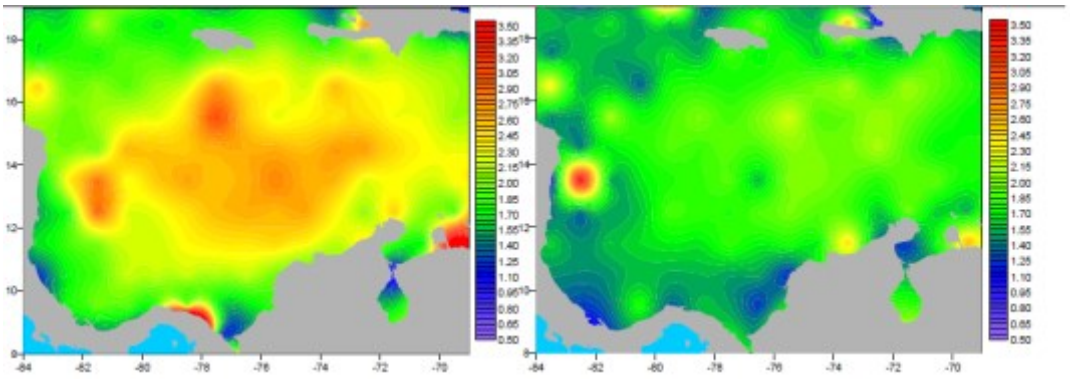


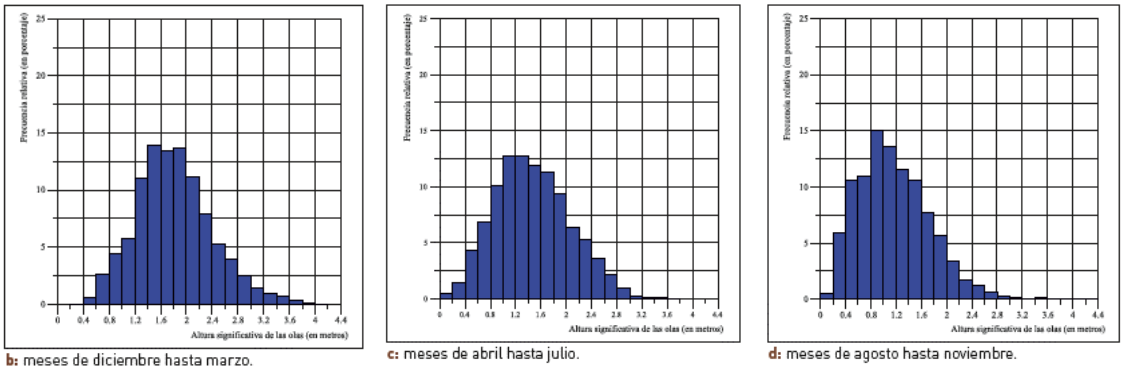
Figura 97. Valor medio de la altura significativa de las olas en metros para junio y septiembre del periodo 1963-2002. Datos COADS (CNRS, 2006 en Posada y Guzmán, 2007).

Thomas *et al*. (2012), plantean para la isla de San Andrés datos por temporadas, basados en los tres periodos estacionales claramente definidos para el Caribe colombiano; estación 1: de diciembre a marzo, estación 2: de abril a julio y estación 3: de agosto a noviembre. El análisis se realizó entre otros en el archipiélago de San Andrés y Providencia. Luego del análisis de las bases de datos reseñadas, en los periodos de tiempo indicados, se realizaron las gráficas de los siguientes parámetros: altura significativa, periodo y dirección de las olas; altura de las olas en función de la dirección, dirección de las olas en función del periodo y altura de las olas en función del periodo.

Los siguientes histogramas representan la altura significativa (Hs) de las olas para el punto "San Andrés" (o altura promedio del tercio de las olas más altas (unidad: m); datos del modelo WaveWatch III, del "Western North Atlantic 0,25 degree model" del 1 de julio de 1999 al 14 de febrero de 2005 y del "10 minute regional Atlantic grid" del 15 de febrero de 2005 al 31 de marzo

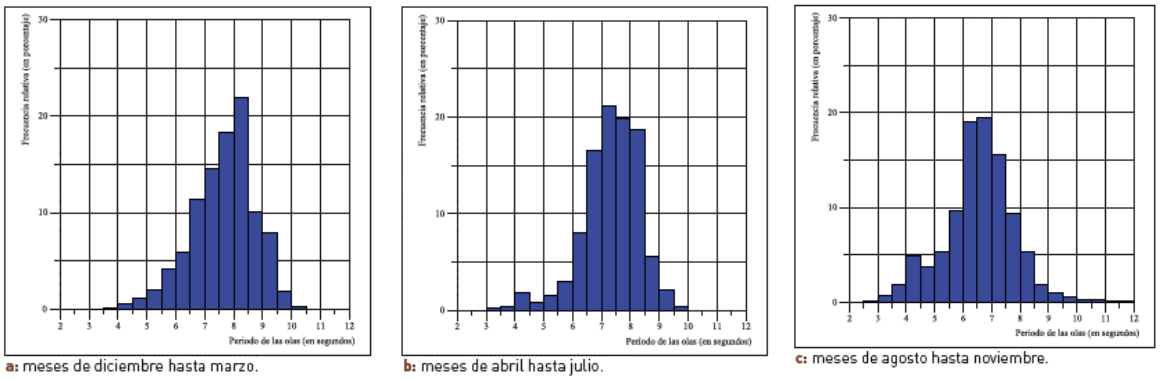
de 2011; Base de datos NOAA, National Weather Service, National Centers for Environmental Prediction.

WaveWatch III (Tolman, 1997, 1999a, 2002b, 2009 en Thomas *et al.*, 2012) es un modelo operacional de oleaje y de viento en dominio marino. Fue desarrollado por Henrik Tolman en la Unidad de Modelación de los Estados del Mar del Centro Nacional de Predicción Ambiental (NCEP) de la Noaa. Es considerado como un modelo muy eficiente para la descripción de los estados superficiales del mar (Tolman 2002b, Ardhuin *et al.*, 2008, Pedreros *et al.*, 2009 en Thomas *et al.*, 2012) (Figura 98, Figura 99 y Figura 100).



b: meses de diciembre hasta marzo. **c:** meses de abril hasta julio. **d:** meses de agosto hasta noviembre.

Figura 98. Histogramas del periodo (Tp) de las olas para el punto "San Andrés" periodo pico de las olas (unidad: s); datos del modelo WaveWatch III.



a: meses de diciembre hasta marzo. **b:** meses de abril hasta julio. **c:** meses de agosto hasta noviembre.

Figura 99. Histograma de la dirección (Dp) de las olas para el punto "San Andrés"; escala ens (dirección pico de las olas (unidad: °); datos del modelo WaveWatch III.

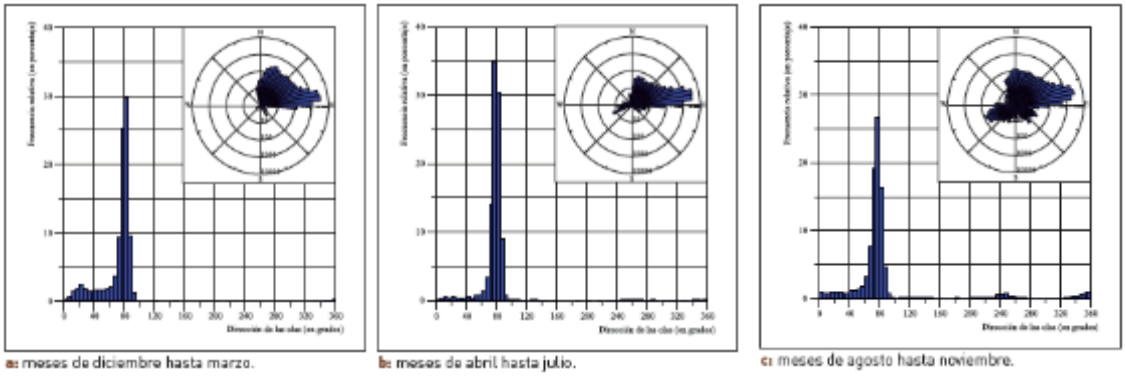


Figura 100. Diagrama polar de la altura de las olas expresada en metros en función de la dirección en grados para el punto "San Andrés"; datos del modelo WaveWatch III.

En términos locales FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2010a), estimó la dinámica estacionaria de San Andrés, la cual se presenta en la Tabla 15.

Tabla 15. Dinámica estacional de San Andrés (tomado FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

Época climática	Oleajes o dirección predominante
Enero-Marzo	Predomina la presentación de oleajes provenientes del Nor-Este, seguidos de los procedentes del Este y Norte
Abril-Junio	Predomina la presentación de oleajes provenientes del Nor-Este y Este. También se presentan con bajas frecuencias oleajes del Norte, Sur, Sur-Este, Sur-Oeste, Oeste y Nor-Oeste
Julio-Septiembre	Predomina la presentación de oleajes provenientes del Este, seguidos por el Nor-Este y se presentan en muy bajas frecuencias oleajes del Norte, Sur, Sur-Este, Sur-Oeste, Oeste y Nor-Oeste.
Octubre-Diciembre	Predomina la presentación de oleajes provenientes del Nor-Este y Este, seguidos por los procedentes del Sur-Este y Sur-Oeste y con menor frecuencia los oleajes procedentes del Norte, Sur, Oeste y Nor-Oeste.

En cuanto al sector Sur-Este de la isla de San Andrés, específicamente para la zona de las playas de San Luis, se plantea que las alturas del oleaje, en la zona del Hotel Decameron en los puntos de interés 3, 4, 5, 6, 7 y 8, las alturas de olas oscilan entre 0,23 m y 2,21 m, para las direcciones predominantes y producen diferentes alturas de olas en profundidades indefinidas. En los puntos 1 y 2, ubicados fuera de la barrera arrecifal, se presentan oleajes entre 0,93 m y 2,51 m de altura. En los puntos 9, 10 ,11 y 12, se presentan alturas de olas que varían entre 0,17 m y 3,20 m (Tabla 16 y Figura 101).

Tabla 16. Características del oleaje en los sitios de interés. (tomado FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

Profundidades Indefinidas					Sitios de Interés											
Caso	Dirección	Hs	Tp	Prof.	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8	H_9	H_{10}	H_{11}	H_{12}
1	E	1.5	7	500	1.38	1.36	0.45	0.47	0.48	0.33	1.42	1.21	1.38	0.50	1.27	0.32
2	E	2.5	9	500	1.93	1.66	0.45	0.46	0.48	0.41	1.83	1.24	2.01	0.27	2.02	0.45
3	E	4	12	500	2.32	1.98	0.41	0.42	0.44	0.42	2.04	1.29	2.55	0.56	2.82	0.57
4	E	9.99	13.05	500	2.50	2.25	0.46	0.41	0.40	0.40	2.17	1.35	2.30	1.05	2.92	0.53
5	NE	1.5	7	500	1.20	1.21	0.51	0.47	0.47	0.39	1.43	1.14	1.34	0.36	0.98	0.50
6	NE	2.5	9	500	1.75	1.57	0.51	0.47	0.47	0.44	1.89	1.21	2.00	0.48	1.61	0.56
7	NE	3.5	12	500	1.75	1.57	0.51	0.47	0.47	0.44	1.89	1.21	2.00	0.48	1.61	0.56
8	NE	8.5	12.02	500	2.37	2.11	0.45	0.41	0.39	0.44	2.19	1.28	2.72	0.44	2.96	0.29
9	NE	9.99	13.05	500	2.48	2.20	0.49	0.40	0.39	0.43	2.21	1.32	2.66	0.87	3.09	0.58
10	NE-E	1.5	7	500	1.29	1.30	0.48	0.47	0.47	0.37	1.41	1.16	1.33	0.49	1.10	0.42
11	NE-E	2.5	7	500	1.84	1.64	0.48	0.46	0.47	0.43	1.87	1.22	1.98	0.40	1.77	0.48
12	NE-E	3.5	9	500	2.22	1.94	0.44	0.42	0.42	0.43	2.07	1.26	2.54	0.24	2.35	0.42
13	NE-E	8.5	12.02	500	2.42	2.15	0.39	0.41	0.40	0.42	2.15	1.31	2.45	1.37	3.01	0.22
14	NE-E	9.99	13.05	500	2.51	2.27	0.35	0.41	0.39	0.41	2.19	1.34	1.93	1.51	3.07	0.38
15	E-SE	1.5	7	500	1.44	1.37	0.43	0.48	0.51	0.26	1.44	1.25	1.42	0.37	1.40	0.22
16	E-SE	2.5	9	500	1.96	1.60	0.43	0.47	0.50	0.39	1.78	1.24	2.06	0.37	2.18	0.49
17	E-SE	9.99	13.05	500	1.96	1.60	0.43	0.47	0.50	0.39	1.78	1.24	2.06	0.37	2.18	0.49
18	SE	1.5	7	500	1.45	1.33	0.44	0.49	0.51	0.23	1.39	1.26	1.36	0.33	1.48	0.17
19	SE	2	7	500	1.45	1.33	0.44	0.49	0.51	0.23	1.39	1.26	1.36	0.33	1.48	0.17
20	SE	9.99	13.05	500	2.00	0.93	0.35	0.41	0.40	0.39	2.13	1.39	2.47	0.29	3.20	0.44

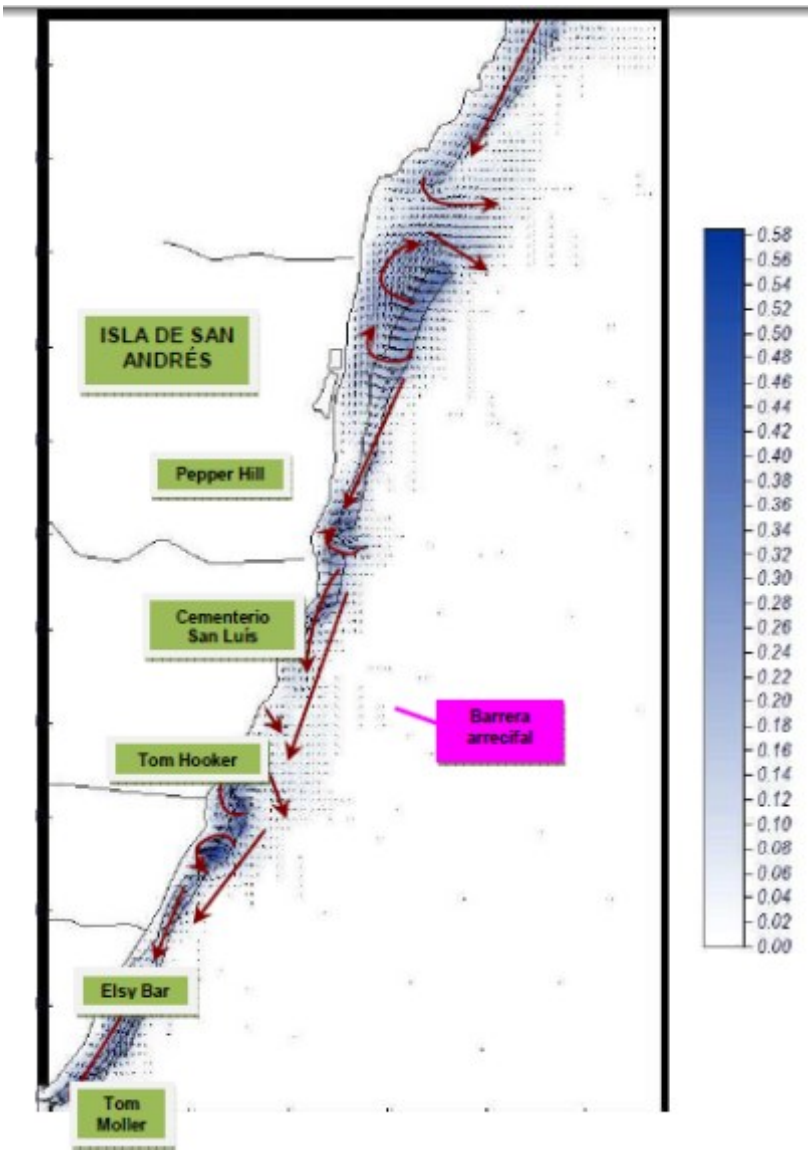


Figura 101. Magnitud y dirección de las corrientes inducidas por oleaje en el área de estudio. Dirección Este Hs: 1,5 m Tp: 7S (tomado de FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

En cuanto a la Isla de Providencia, Rangel-Buitrago, 2012, plantea que el principal generador de oleaje en la parte oriental de la isla de Providencia es el viento, de sus características depende la amplitud, dirección y frecuencia de las olas (Figura 102). De acuerdo con esto, el oleaje llega a la costa proveniente del E-NE, con periodos entre 9 y 14 segundos, este oleaje rompe directamente sobre la barrera arrecifal donde es atenuado.

Sobre el lado occidental de la isla, el oleaje proveniente del E-NE llega de forma indirecta, por la refracción que sufre sobre los extremos norte y sur de la isla. La profundidad de las terrazas arrecifales (15 a 4 m) causa que las olas rompan sobre la costa, a excepción de aquellas de mayor periodo que sufren el proceso de asomeramiento antes de alcanzar la costa. Oleajes menos

frecuentes corresponden a las direcciones S y SW y están asociados a tormentas tropicales o huracanes.

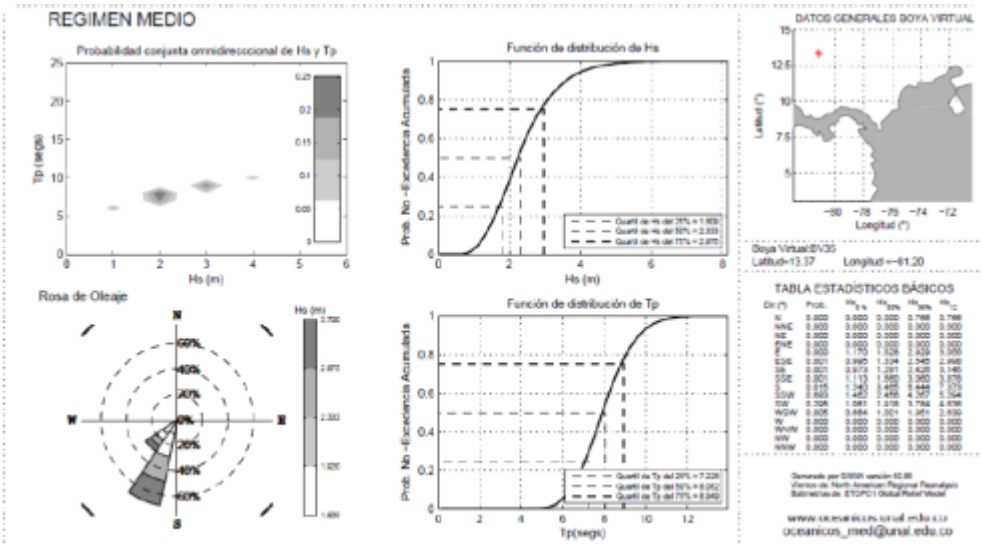


Figura 4. Regímenes medios de oleaje para la Isla de Providencia (Invemar, Universidad nacional, Uninorte. 2012).

Figura 102. Regímenes medios de oleaje para la isla de Providencia (INVEMAR et al., 2012, en Rangel-Buitrago, 2012).

Nivel del Mar

Promedio global del nivel del mar

Titus y Barth, 1984 en Vides, M. *et al.* 2012 plantean que el ascenso y descenso del nivel relativo del mar está influenciado tanto por factores geológicos como climáticos. De igual forma Lambeck y Chappell, 2001 2001 en Vides *et al.* (2012) mencionan que si bien el nivel del mar se ha presentado estable durante los dos a tres últimos milenios, es decir, desde el final de la última glaciación, los cambios han sido medidos poco después del comienzo de la era industrial (Figura 103). Las mediciones de mareógrafos disponibles desde finales del siglo XIX muestran un aumento significativo del nivel del mar durante el siglo XX (Douglas, 2001 en Vides *et al.,* 2012).

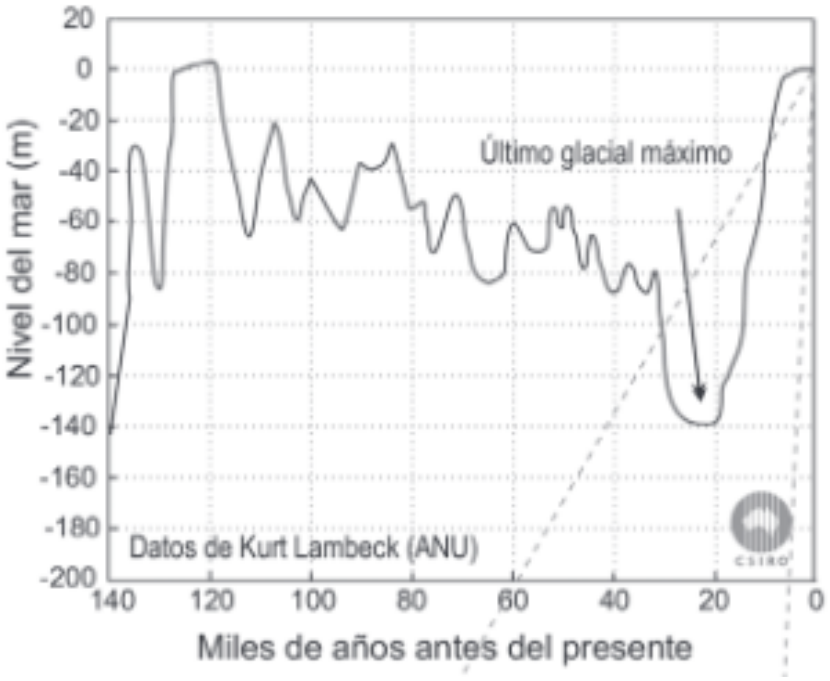


Figura 103. Historia del nivel del mar – últimos 140.000 años (tomado de Vides et al., 2012).

En el estudio de Church y White, 2006 en Vides *et al.* (2012), se estima que entre 1870 y 2004 el promedio global de nivel del mar ha aumentado 195 mm, es decir un promedio de 1,44 mm/año, de los cuales 160 mm se han presentado durante el siglo XX y entre 1950 y 2000, la tendencia lineal se estimó en 175 mm al año (Figura 104).

En 2011 Church evaluó los niveles de aporte al nivel del mar desde 1961 y determinó que en el periodo entre 1972 y 2008, la tasa de aumento observado del nivel del mar fue de 1,8 ± 0,4 mm/año, producto de la expansión térmica de los océanos (0,8 mm/año), el derretimiento de los glaciares y los casquetes de hielo (0,7 mm/año) de Groenlandia y la Antártida (0,4 mm/año).

Vides *et al.* (2012), plantea que los estudios sobre arrecifes de coral y manglar han establecido que el nivel de la superficie del mar del Caribe se ha elevado desde finales del último máximo glacial (unos 25.000 años atrás) hasta en 120 m y alrededor de 45 m en los últimos 11.500 años. El aumento en los niveles superficiales del mar se evidenció en por lo menos dos y posiblemente tres períodos de aceleración antes de disminuir alrededor de hace 7000 años y alcanzar los niveles actuales. No hay evidencia de que los niveles de la superficie del mar en el Caribe hayan estado en ningún momento por encima de los niveles actuales desde la última glaciación (Simpson *et al.,* 2010 en Vides *et al.,* 2012).

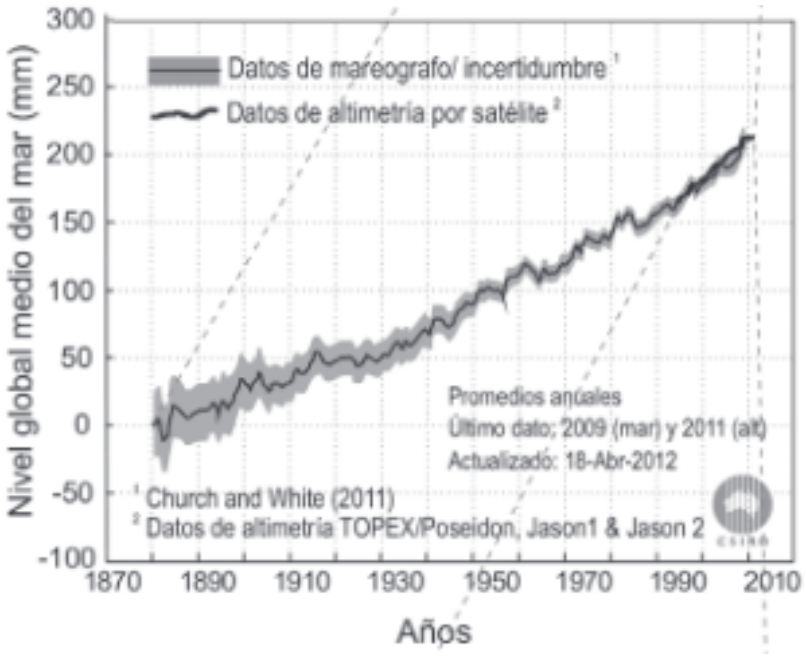


Figura 104. Nivel Medio Global del Mar-1880 a 2011.

Según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático IPCC (2001) (en Vides, 2008), el análisis con series de tiempo de 53 años de registro (1941 hasta 1994), tomados en las estaciones mareográficas de Cartagena y Buenaventura, así como el análisis de datos proveniente de estaciones ubicadas en Panamá, determinó una tendencia de aumento del nivel medio del mar en las costas colombianas de hasta 10 cm en el Caribe y de 22 cm en el Pacífico en este periodo.

El IDEAM por su parte presentó un análisis comparativo de series Cartagena (Colombia) y Cristóbal (Panamá), de los datos históricos de las mediciones del nivel del mar en estas estaciones, se encuentran valores similares (aunque más altos para Cartagena) (Figura 105). La tendencia calculada sobre la serie de datos de Cristóbal da un valor de crecimiento anual de 2,3 mm y para Cartagena la serie de datos muestra un aumento de 3,5 mm/año.

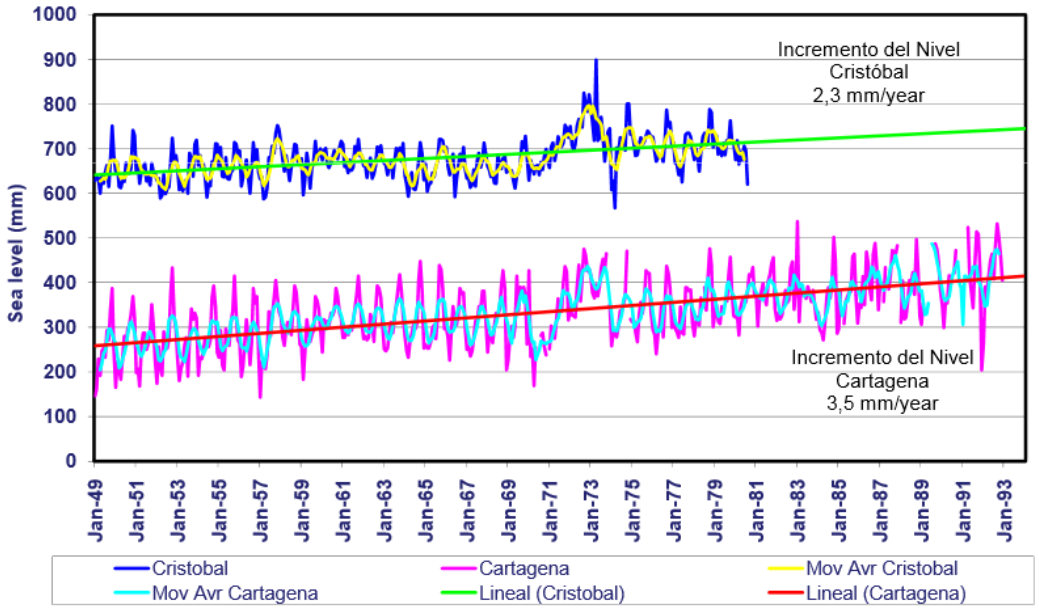


Figura 105. Análisis comparativo de series Cartagena (Colombia) y Cristóbal (Panamá), de los datos históricos de las mediciones del nivel del mar.

De igual forma el IDEAM presentó un análisis comparativo de series para San Andrés y nivel del mar caribe. En la Figura 106 se compara la serie registrada en el mareógrafo de San Andrés, con la serie de mediciones de nivel del mar en el Caribe, suministrada por la universidad de Colorado[10], basada en mediciones convencionales y de tipo satelital (TOPEX/POSEIDON -Jason-1, entre otros).La tendencia calculada para la serie de San Andrés muestra un incremento de 3,6mm/año, en comparación con lo registrado en el Caribe, de 2,4 mm/año y de Cartagena de 3,5 mm/año.

La estación mareográfica del IDEAM localizada en la Isla de San Andrés, cuenta con registros diarios desde enero de 1997 hasta la fecha, reportando que los máximos del nivel del mar durante el año se observan en enero y julio y los mínimos en abril y octubre, el nivel medio del mar es de 0,31 m y la amplitud media de la marea astronómica que se registra en cuadratura es de 0,11 m y en sicigia es de 0,47 m.

Por su parte el CIOH, reporta para la isla de San Andrés en registros desde año 2004 hasta 2012, alturas máximas de ola de 4,5 m, valores máximos presentados finalizando el año 2010 e inicios del año 2011, lo cual es consistente con los procesos de inundación y procesos erosivos presentados en el borde costero presentados en el sector de Sprath Bight (Figura 107).

[10](http://sealevel.colorado.edu/current/sl_ib_Carribean_Sea.txt)

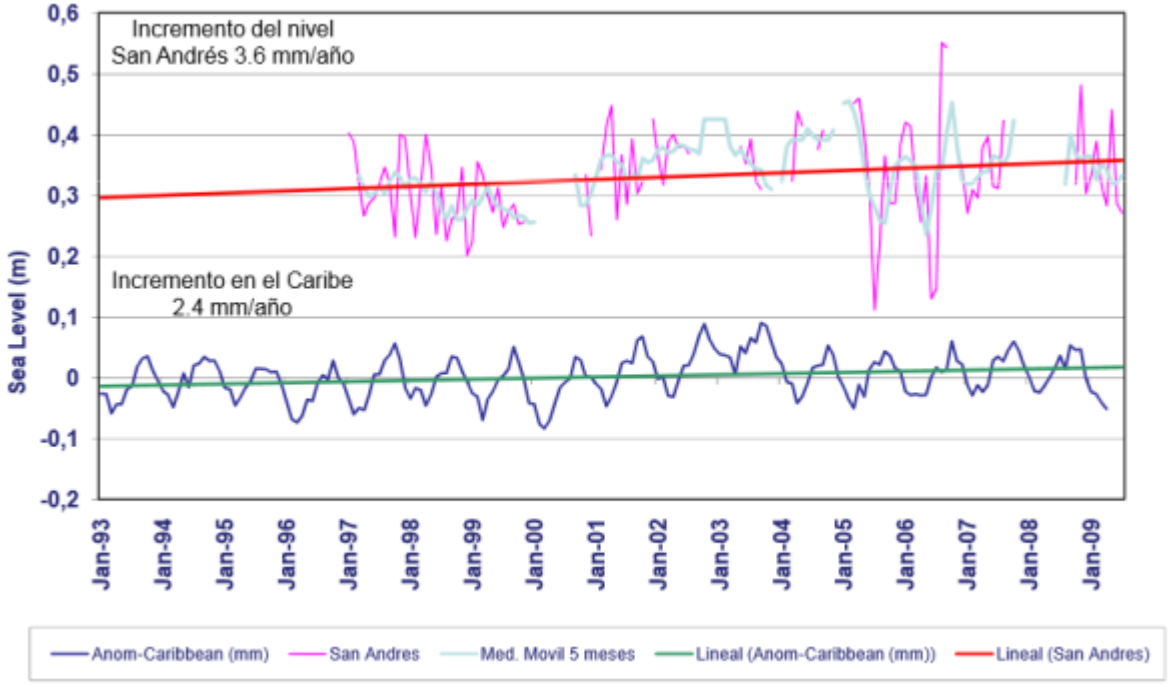


Figura 106. Análisis comparativo de series para San Andrés y nivel del mar Caribe.

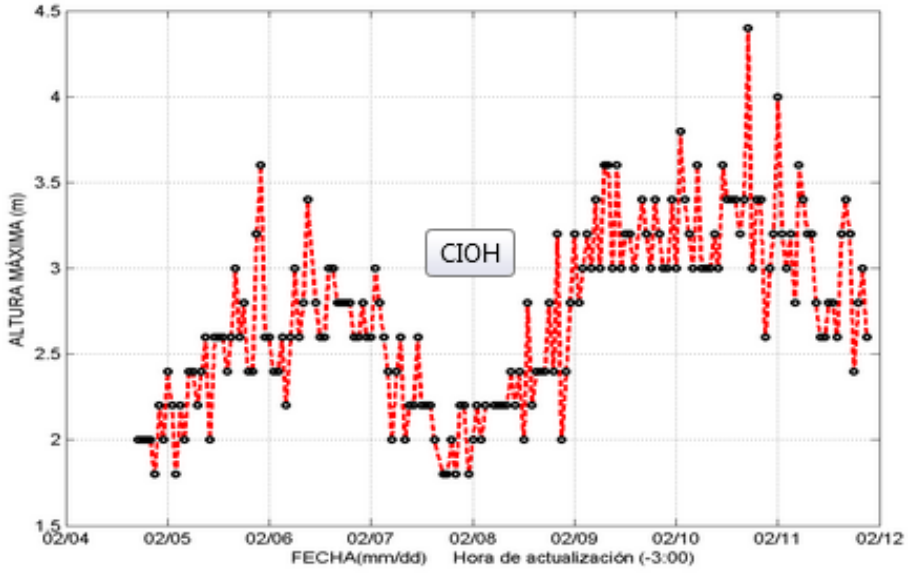


Figura 107. Altura máxima del oleaje en la isla de San Andrés (tomado de CIOH, 2014).

2.5.1.3. Geomorfología Costera de la Isla de San Andrés

De acuerdo a Posada y Guzmán (2007), en la isla de San Andrés existen tres grandes grupos geomorfológicos (Figura 74 y Mapa No. 1):

• Morfología costera con playas, borde costero acantilado, depósitos de tormenta y manglares. Se incluyen también los rellenos antrópicos.

• Morfología de plataforma arrecifal periférica emergida.

• Morfología de colinas en la parte central de la isla y depósitos cuaternarios asociados.

Playas

En cuanto a las playas el IGAC en 1998, por medio del estudio semi detallado de suelos realizo la primera descripción y cartografía en términos de paisaje, litología, forma del terreno, entre otras de esta unidad geomorfológica (Tabla 17).

Tabla 17. Playas (IGAC, 1998).

Paisaje (1)	Tipo de relieve	Litología	Forma de terreno	Unidad cartográfica y contenido pedológico (2)	Símbolo
PLANICIE MARINA	PLANO DE MAREA	Depósitos mixtos marinos y orgánicos	Playas	Consociación: Misceláneo de arena	MA

Posada y Guzmán (2007), por su parte establecieron que las playas se ubican en el sector norte y oriental de la isla, siendo las más importantes las localizadas en Sprat Bight (Norte de la isla), La Mansión, Rocky Cay, Sound Bay, Decamerón San Luis, TomHooker y Elsy Bar. Tienen amplitudes variables entre los 10 y 15 m, a excepción de la playa del norte donde alcanza hasta 60 m. En el sector oriental las pendientes del frente de playa tienen valores promedio entre 8° y 10°, mientras al norte, junto a la Avenida Newball los valores son entre 6° - 8° y adyacente a la Avenida Colombia se alcanzan pendientes máximas de 15°. La composición es calcárea de color crema y tamaño de arena medio-grueso.

Un rasgo particular se presenta en la parte sur oriental, donde segmentos de playa relativamente angostos, limitan hacia el mar con franjas de superficies endurecidas denominadas "beach rock", entre las se generan canales interiores con amplitudes de 2 a 3 m y fondos arenosos. Los "beach rock" se levantan entre 50 y 80 cm de la superficie del agua, el ancho alcanza entre 1 y 3 m, y tienen una suave inclinación hacia el mar. Estas rocas se forman a partir de algas que retienen sedimentos y con el tiempo terminan compactándose.

El área aproximada de las playas en la isla de San Andrés de ha estimado en 0,157Km ^{2}, área que es variable de acuerdo a los procesos de erosión - depositación predominantes en cada periodo climático y a la acción de las corrientes, oleaje y viento que condicionan la estabilidad de las mismas (Figura 31 y Mapa No. 1).

Playas Sur Oriente de la isla

En FONADE 2010, se plantea que las playas ubicadas al Sur-Este de San Andrés son de pendiente acusada en la zona supralitoral (supramareal) y con muy escaso volumen de acomodación en la trasplaya para la formación de dunas actuales, debido a la proximidad de la Vía Circunvalar.

En dicho estudio se realiza la caracterización de dos unidades asociadas en parte a depósitos de playa, pero también a otras estructuras geomorfológicas que se citaran con posterioridad.

La unidad 1, denominada Playas con Calizas Arrecifales, se relacionan con las playas localizadas más al Sur (hasta aproximadamente 12° 29' 59.5" N y 81° 43' 20.6" W) y están asociadas a la presencia en la zona intermareal y submareal próxima de afloramientos de calizas arrecifales, las cuales por efecto del oleaje posibilitan la formación de pequeñas playas en el sector meridional de la isla.

Por otra parte en este tramo al Sur de Velodian Road hay ciertas acumulaciones de arena. En cambio, a partir del cruce con dicha vía no hay depósitos de arena, debido probablemente a un cambio en la orientación de la línea de costa, que pasa de N 20ºE a N 30ºE. No obstante, aún más al Norte, al cambiar otra vez la orientación de la línea de costa, aparecen nuevos tramos con presencia de arena de playa.

En el estudio realizado por Saenz, *et al*. 2009 en Lozano-Zafra *et al.* (2011), las playas en el área estudiada se extienden desde el norte del Hoyo Soplador hasta la iglesia de San José en el sector de San Luis; sin embargo, es solo a partir de inmediaciones de la vía de Tom Hooker, hacia Sound Bay, en donde se desarrollan en forma continua, mientras que hacia el sur aparecen esporádicamente asociadas al borde arrecifal costero o en la base de los muros de protección.

Las playas asociadas al borde arrecifal costero en el sector entre el Hoyo Soplador y Melodian Road, se forman entre la roca y la vía, como acumulaciones incipientes de arena media a gruesa, con escombros de corales (Figura 108). El ancho es de 2 a 3 m y la pendiente promedio de 11°. En los sitios donde desaparece la roca o está a nivel del mar, la playa se amplía hasta 5 a 6 m, con arena fina a media con cantos y gravas de coral, pendiente entre 8 y 13° y abundantes granos rojos que se han interpretados como foraminíferos. La berma de la playa se confunde con la de la vía y en ella hay depósitos de tormenta, recubiertos por vegetación rastrera y un arbusto muy denso que se denomina Lavander.

Figura 108. Playas asociadas al borde arrecifal costero en la parte sur del área de estudio (tomado de Saenz, et al. 2009 en Lozano-Zafra et al., 2011).

Hacia el norte, hasta la vía a Elsie Bar, solo se tienen dos sectores con acumulación de playas, favorecidos porque la roca desaparece y hay presencia de "beach rock" que le da un abrigo a la costa; tienen hasta 10m de ancho, arena media a gruesa y abundantes escombros de coral; la pendiente varia de 7 a 10°, pero puede llegar hasta los 14°. La berma se extiende hasta la vía, cubierta por rastrojos y arbustos bajos (Figura 109).

Figura 109. Elsie Bar (tomado de Saenz et al. 2009 en Lozano-Zafra et al., 2011).

Entre las vías de Elsie Bar y Tom Hooker, hay un mayor desarrollo de playas, propiciado porque el borde costero coralino aflora menos o está sumergido y además hay presencia casi continua de "beach rock". Las playas alcanzan entre 5 y 20 m de ancho, pendientes altas entre 11 y 23°, arena media a gruesa, color crema con abundantes granos rojos y fragmentos tamaño grava. hay una berma de playa bien definida, favorecida porque el trazado de la carretera se aleja, con lo cual se aprovechó el espacio para construcciones; es una franja de varios metros en la que se aprecian frecuentemente depósitos de tormenta y solo localmente, una formación de dunas incipientes; vegetación rastrera protege estas formaciones, arbustos y algunas palmeras. Se registran signos fuertes de erosión, representados por pendientes muy altas, escarpes de playa, la banca de la vía descubierta y arenas que escapan de la playa hacia la vía, por falta de vegetación (Figura 110).

Figura 110. Playas entre Elsie Bar y Tom Hooker (tomado de Saenz, et al. 2009 en Lozano-Zafra et al., 2011).

De Tom Hooker hacia el norte no aflora más el borde arrecifal costero y por el contrario la formación "beach rock" está casi continua hasta la altura del cementerio de San Luis, protegiendo la costa del oleaje.

Se forman entonces playas en forma continua, con ancho entre 6 y 10 m. Están conformadas en su gran mayoría por arenas finas a medias, con granos de color rojo; las pendientes son empinadas hasta 15° y solo se suavizan a la altura del Hotel Decameron. Presenta bermas bien definidas de 3-4 m de ancho, con vegetación protectora de arbustos densos y desaparecen solo donde la erosión alcanza la banca de la vía, dejándola al descubierto. Se observan además palmeras desarraigadas, escarpes de playa y los cordones de "beach rock" descubiertos, cuando históricamente habían estado tapados por las arenas (Figura 111).

Figura 111. Playas al norte de Tom Hooker y alrededores del Hotel Decameron (tomado de Saenz et al., 2009 en Lozano-Zafra et al., 2011).

La playa de Sound Bay se extiende desde el Cementerio de San Luis hasta la Iglesia de San José; la vía se aleja un poco de la línea de costa, por lo que se aprovechó el espacio para la construcción de viviendas, en inmediaciones de la vía de Pepper Hill y hasta la Iglesia. Se caracteriza por su arena media a fina, pendiente baja a media de 4 a 6° y ancho promedio de 10 m. Presenta una sinuosidad leve y escasos signos de erosión (escarpes de playa), a pesar de que hay viviendas destruidas o afectadas por el oleaje producido durante marejadas fuertes. Gran acumulación de pastos marinos y vegetación escasa de pastos hacia el límite con la vía (Figura 112).

Figura 112. Playas en el sector de Sound Bay (tomado de Saenz et al. 2009 en Lozano-Zafra et al., 2011).

Playas de North End

Las playas de Sprath Bight se localizan en el sector de North End, entre el Hotel Maryland al Oeste y el Hotel Lord Pierre al Este y se encuentran protegidas por una barrera arrecifal. La longitud aproximada de playa es de 1,5 Km.

Kielman en el 1998 según FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2010a), indica en su documento "Playas de San Andrés Isla: Historia, Procedencia y Morfología" lo siguiente: …"En Sprat Bight existieron originalmente - antes de 1960 - tres playas principales: una extendiéndose entre el restaurante Antioqueño y el hotel Tiuna; otra empezando cerca del Hotel Abacoa y terminando en proximidad de la Defensa Civil, y la tercera – más pequeña – que estaba ubicada aproximadamente entre donde se encontraba el hotel Pierre y el hotel Melia Acuario (hoy Aquarium Decamerón)…", sin embargo en este documento también se menciona que gran parte de la playa actual era antes zona de afloramientos rocosos. Por todo ello, se puede considerar en general una playa urbana, con características en su forma en planta, recubrimiento sedimentario, capacidad de migración de la orilla y demás factores morfológicos muy controlados por la antropización que ha experimentado.

Las playas son relativamente anchas, con una anchura media de 27 m y valores de pendiente suaves en la zona de orilla, y con suficiente espacio de acomodación en la trasplaya para la formación de dunas actuales, con excepción de varios tramos donde las edificaciones antrópicas (dique, paseo marino extremadamente ancho y espolón Tiuna) han ocupado gran parte de la playa natural original. El Paseo Marino y la antigua Avenida Colombia a la cual sustituye están construidos sobre antiguos depósitos de arenas de playa (FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

Por detrás de la playa existe, a lo largo de toda ella, un paseo rígido, a la misma cota que la parte más interior de la playa, que sirve como tránsito a la misma desde la zona densamente urbanizada al Este, mientras que en el sector Oeste existe aún presencia de zonas con vegetación antes de llegar a la pista del aeropuerto (instalación prioritaria), algunas antiguas edificaciones de pescadores y recientes instalaciones hoteleras, ubicadas sobre la misma playa.

El Paseo Marino paralelo a la playa está flanqueado en una gran parte de su recorrido por un muro bajo (altura aprox. 50 cm) de alineamiento recto y próximo a su contacto con la arena. Dicho muro se encuentra interrumpido para facilitar el acceso a la playa.

Hoy día se mantiene la primera playa entre el Restaurante Antioqueño y Hotel Tiuna, donde se construyó un espolón en 1986, en un lugar donde no existía playa. En la segunda playa se construyó en 1968 el espolón hoy llamado Jeno´s Pizza (Ossa, 2004 en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a). Esta playa, se ha prolongado en longitud, entre el espolón Tiuna y el espolón construido frente al restaurante de la Cooperativa de Pescadores en 1985. La tercera playa es de uso exclusivo de los hoteles Aquarium y Los Delfines de la cadena Decamerón y Lord Pierre.

La playa entre el restaurante Antioqueño y el espolón Tiuna, tiene cotas más bajas que las que presenta la playa entre el espolón Tiuna y el espolón de la Cooperativa de Pescadores. Seguramente esta situación se presentó al cubrir parches de afloramientos rocosos; por esta condición, se produce por efecto de la acción eólica, principalmente durante el período de los vientos Alisios y frentes del Norte, la mayor salida de arenas hacia el Paseo Marino en este sector (FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

La Universidad del Norte, en el marco del proyecto de FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina(2010ª), realizó el levantamiento geomorfológico de Sprath Bight, a partir de datos de topografía del sector, por medio de lo cual se dividió la zona en tres tramos: noroeste, central y sureste (Figura 113).

El tramo Noroeste de la playa (representado por el perfil 1. en Figura 114) muestra los valores mayores de pendiente, es decir, un perfil muy reflejante, se caracteriza por presentar una zona supramareal muy estrecha, con diferentes obras de ocupación y defensa de la costa, así como por la proximidad de la carretera.

El tramo central (representado por los perfiles 2 y 3) posee las pendientes topográficas más suaves en el frente de playa, especialmente en su parte media. No obstante, dentro de ella existen diferencias importantes entre su parte occidental y oriental, debido a la presencia del paseo:

- La playa supramareal y trasplaya de la parte más occidental de este tramo central está ocupada por el Paseo Marino, el cual claramente es inestable frente a la dinámica sedimentaria de la playa y está siendo destruida.
- La playa supramareal y trasplaya de la parte más oriental de este tramo central es muy ancha.

Finalmente, el tramo Sureste (perfiles 4 y 5), exceptuando la zona del espolón Tiuna, donde ya se ha indicado que existe una intensa erosión, se caracteriza por pendientes intermedias, es decir algo más acusadas que en el tramo central, pero no tan inclinadas como en el tramo Noroeste. Exceptuando dicho tramo próximo al espolón, presenta en general una buena disponibilidad de arena y una trasplaya ancha.

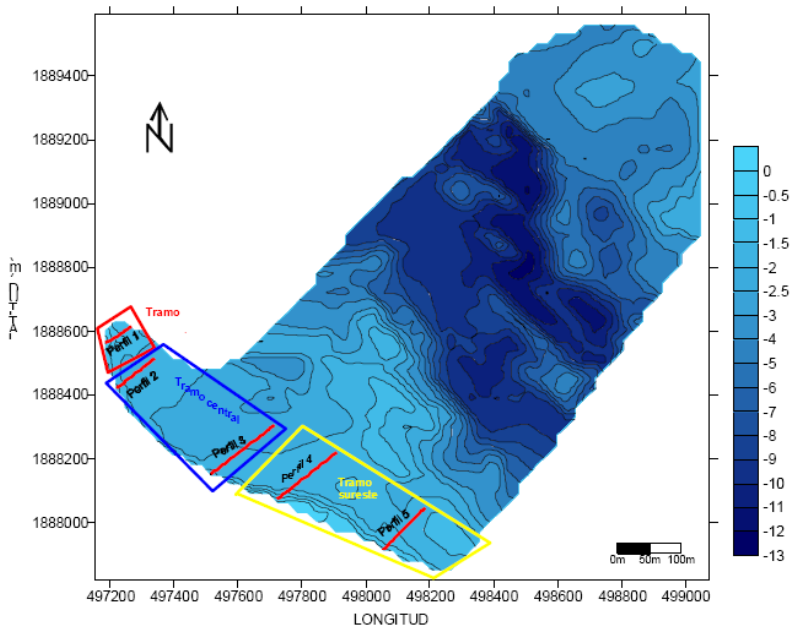


Figura 113. Topografía de la zona de estudio con la localización de los perfiles topográficos representativos de cada tramo (profundidades en metros) (tomado de FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

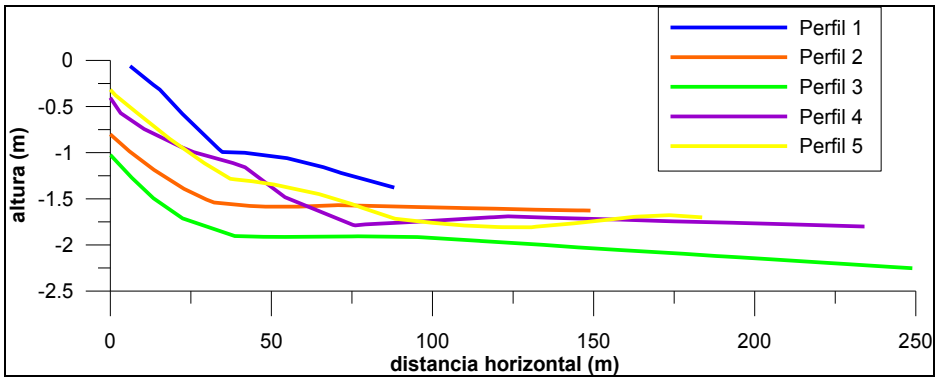


Figura 114. Perfiles topográficos de la zona de estudio (tomado de FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a).

Borde Costero Arrecifal

El IGAC en 1998, categorizó esta unidad por la forma del terreno con características claras de planos de abrasión (Tabla 18).

Tabla 18. Borde costero arrecifal (IGAC, 1998).

Paisaje(1)	Tipo de relieve	Litología	Forma de terreno	Características de los suelos	Símbolo
PLANICIE MARINA	TERRAZA BAJA	Calizas arcillosas coralíferas	Planos de Abrasión	Rocas coralinas constantemente afectadas por el oleaje del mar.	MC

Posada y Guzmán, 2007, plantean que esta unidad corresponde a la parte de la plataforma arrecifal del Sangamoniano, próxima al mar y levantada con respecto a su nivel entre 4 y 6 m en el sector occidental y entre 0,5 y 1 m en el sector oriental (Figura 115). Es una superficie plana de 5 m de ancho en promedio, fuertemente afectada por procesos de disolución, desnuda o localmente con vegetación rastrera, de pastos y malezas y con un borde acantilado en el cual se observa el "noche" o hendidura producido por el nivel del mar actual (olas y mareas; bioturbación); localmente hay cavernas, fracturas y fallas rellenas y un sinnúmero de estructuras de arrecife y borde costero como testigos de su ambiente de formación. Bloques de diferentes tamaños dejados ahí por tsunamis o tormentas muy fuertes se observan a todo lo largo del borde occidental. Limita hacia el continente con depósitos de tormenta.

Figura 115. Terraza marina en el sector del Hospital (Punta Norte) (tomado de Posada y Guzmán, 2007).

En FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2010a), dentro de la unidad 1, denominada Playas con calizas arrecifales, de las playas localizadas más al Sur de la isla, se establece también que estas calizas, corresponden a la formación San Luis (Hubach, 1956; Geister y Díaz, 1996 en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2010a), de edad pleistocena o incluso reciente según Bürgl (1956) en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2010a), y las cuales se encuentran arrasadas por el oleaje, formando plataformas de abrasión con inclinaciones entre 5 y 10º.

Al Sur de Velodian Road aparece un extenso afloramiento del basamento arrecifal y al Norte de la Iglesia Católica de San José, aparecen de nuevo afloramientos de calizas arrecifales, sin presencia de arenas de playa, por lo cual se evidencia la intermitencia de su aparición a lo largo de la costa sur oriental.

Se plantea en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2010a) también, que todas estas formaciones arrecifales presentan una intensa erosión exokárstica por el spray marino y el agua de lluvia. Se observa además en dichas calizas una serie de fracturas, de anchura entre 10 y 20 cm, y varios metros o incluso decenas de metros de longitud. Se trata de una fracturación sincrónica o posterior a la formación de las mismas, pero no actual. Al parecer, estas grietas han sido observadas también en la zona sumergida, mucho más extensas y abiertas.

Saenz, *et al*. (2009) en Lozano-Zafra *et al*. (2011), plantean que esta unidad hace parte de la misma plataforma arrecifal periférica emergida, pero geomorfológicamente se diferencia de ella

porque está expuesta directamente a los procesos marinos, lo que le confiere una fisonomía diferente. En este documento se plantea que se extiende como una franja discontinua. Tiene entre 2 y 15 m de ancho, con un máximo en el Hoyo Soplador donde alcanza hasta 30 m; su tope es plano, pero altamente afectado por procesos de disolución, lo que le da un aspecto de enjambre, en el que las aristas son agudas y afiladas y en las celdas se almacenan aguas y arenas. Esta cruzada por múltiples fracturas reportadas como del Wisconsiniano, la mayor parte de ellas rellenas con carbonato, que ahora convertido en calizas, sobresalen a manera dediques, haciendo muy evidente la fractura. En otros casos, cuando está abierta, forma canales de hasta15 cm de ancho, donde igualmente se almacenan aguas y arenas. Es una roca desnuda o localmente con vegetación rastrera, de pastos y malezas.

Alcanza un alto sobre el nivel del mar de hasta 1,0 m, no uniforme, pues en general el frente hacia el mar puede estar más bajo, producto de la mayor disolución en esta parte y que propicia desprendimiento de bloques, ocasionados por el oleaje fuerte que rompe sobre ella. Esto es particularmente cierto para el área del Hoyo Soplador y se hace menos fuerte cuando hay presencia de "beach rock". No se registran hendiduras que demarquen niveles antiguos del mar o el actual, como si sucede en la costa oeste de la isla (Figura 116 y Mapa No. 1).

Respecto al área de esta unidad geomorfológica, se estima que tiene una cobertura de 0,33 km^2.

Figura 116. Afloramientos del borde arrecifal costero (tomado de Saenz et al., 2009 en Lozano-Zafra et al., 2011).

Depósitos de tormenta

El IGAC en 1998, categorizo esta unidad en dos subunidades, diferenciadas por la forma del terreno y por su litología (Tabla 19).

Tabla 19. Depósitos de tormenta (IGAC, 1998).

Paisaje(1)	Tipo de relieve	Litología	Forma de terreno	Características de los suelos	Símbolo
PLANICIE MARINA	TERRAZA BAJA	Calizas arcillosas coralíferas	Planos de Abrasión	Bien drenados, superficiales, de texturas moderadamente finas, con alta retención de humedad, ligeramente alcalinos, con altos contenidos de bases intercambiables y fertilidad muy alta.	SAa
PLANICIE MARINA	TERRAZA BAJA	Depósitos mixtos fluvio marinos	Planos de Acumulación	Excesivamente drenados, moderadamente profundos, de texturas gruesas, baja retención de humedad, medianamente alcalinos, con muy alto contenido de carbonatos, medios contenidos de bases intercambiables y bajos de materia orgánica y fertilidad moderada.	JOa

Posada y Guzmán (2007), realizó una descripción a mayor detalle, en donde se expuso que son cuerpos elongados paralelos a la costa y localizados hacia atrás del borde arrecifal costero y muchas veces en el límite con la vía circunvalar. Consisten de fragmentos de roca coralina de tamaño desde cantos a gránulos, acumulados durante eventos de tormentas o mares muy fuertes en el sitio de máxima marea y que ahora forman un cordón de hasta 4 m de ancho, 60cm de alto y pendientes > 15°, que se extiende por encima de la terraza arrecifal. Se han identificado en toda la costa occidental en forma casi ininterrumpida y en la costa sur oriental, en donde localmente se funden con la berma de las playas. Es muy probable que la construcción de la vía circunvalar haya removido estos depósitos parcial o totalmente.

FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2010a), plantea que detrás de dicha Vía Circunvalar de las playas ubicadas al Sur-Este de San Andrés, se encuentran en muchos casos depósitos de arena marina, asociados probablemente los más superficiales a olas de desbordamiento (washover), por oleajes de tormenta (con conchas de *Cittarium pica* enterradas), o quizás a dunas recientes. Es decir, no parece tratarse de un proceso de progradación de la playa (hacia mar) sino de procesos de desbordamiento desde la orilla hacia tierra adentro. Dichos depósitos no muestran una cementación ni compactación significativa de los materiales.

En el estudio realizado por Saenz *et al*. (2009) en Lozano-Zafra *et al*. (2011), se plantea que los depósitos de tormenta se localizan a ambos lados de la vía y consisten de fragmentos de corales, desde cantos hasta gránulos, en una matriz arenosa que se hace localmente más abundante. Registran el avance de los eventos que produjeron grandes marejadas, como tormentas o huracanes, que llevaron el material más grueso a la parte trasera de las playas. Parece probable que la vía se haya construido aprovechando este montículo natural existente, y es por esto por lo que además estos sedimentos se observan removilizados y depositados como escombros sobre la plataforma arrecifal en la margen interna de la vía. Geister (1975) en FONADE y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2010ª) los cartografía alrededor de toda la isla, más gruesos hacia el lado occidental y muestra su posición en ángulo de reposo natural (Figura 117 y Mapa No. 1).

Respecto al área de esta unidad geomorfológica, se estima que tiene una cobertura de 1,27 km^2.

Figura 117. Depósitos de tormenta (tomado de Saenz et al., 2009 en Lozano-Zafra et al., 2011).

Pantanos de manglar

El IGAC en 1998, categorizo esta unidad en tres subunidades, diferenciadas por el tipo de relieve, litología y forma (Tabla 20).

Tabla 20. Depósitos de manglar (IGAC, 1998).

Paisaje (1)	Tipo de relieve	Litología	Forma de terreno	Unidad cartográfica y contenido pedológico (2)	Símbolo
PLANICIE MARINA	PLANO DE MAREA	Depósitos mixtos marinos y orgánicos	Marismas	Complejo Cove-Olivo: Hydric Tropofibrists, familia Euic, isohipertérmica, fase de pendientes 0-1%, sódica, inundable. Vertic Fluvaquents, familia fina, mezclada, isohipertérmica, fase de pendientes 0-1%, inundable.	COa
PLANICIE MARINA	TERRAZA BAJA	Depósitos mixtos fluvio marinos	Planos de Acumulación	Consociación Apostadero: Typic Ustipsamments, familia silícea (calcárea), isohipertérmica, fase de pendientes 0-3%.	EAa
PLANICIE MARINA	TERRAZA BAJA	Depósitos mixtos fluvio marinos	Planos de Acumulación	Consociación: Misceláneo salino, Depósitos de arenas salobres.	MS

Posada y Guzmán (2007), plantean que estos emergen en la parte oriental de la isla sobre zonas bajas deprimidas adyacentes a la costa, en sectores de los lagoon protegidos y muy someros; el sustrato es de turbas y lodos, mezclados con arenas. Se desarrollan principalmente manglares rojos (*Rhizophora mangle*), con grandes raíces sub-aéreas que atrapan sedimentos y sirven de protección contra oleajes fuertes. En el manglar más al interior, hay también mangle blanco y negro (Mapa No. 1).

Según un estudio multitemporal realizado por INGEOMINAS (1996) en Posada y Guzmán (2007), la cobertura de manglar entre 1944-1996 había disminuido por rellenos antrópicos para viviendas y otra infraestructura urbana en el noreste de la isla. En el sector de San Luis, sin embargo, se consolidó una franja que va desde bahía Hooker hasta Rocky Cay (Figura 118); el resto de las áreas se conservan prácticamente iguales.

Se consideran pantanos de manglar bahía Honda - bahía Hooker, cabecera de la pista del aeropuerto, Cocoplum, Cotton_Cay, el Cove, Faiht Pond, Foie, Little_Gough, Salt_Creek, Smith_Channel y Sound_Bay.

Entre el Hotel Decamerón San Luis y el área de Sound Bay se encuentra una zona de manglar alargada de 150-180 m de ancho en promedio y al sur de este segmento llega a alcanzar amplitud de 400 m. Esta zona se encuentra aislada del mar por la carretera circunvalar y el área hotelera y residencial del sector de San Luis.

Desde Rocky Cay hacia el norte inicia una zona de manglar alargada de 400-500 m de ancho, también separada de la línea de costa pero que en ocasiones se acerca bastante a ella. Esta zona se extiende hasta bahía Hooker, donde el manglar se encuentra directamente sobre el agua del mar caracterizado por un paisaje sombrío con especies vegetales sobre arenas entremezcladas con turbas y restos de plantas. Es un sector altamente intervenido por potrerización y presencia de huecos de más de dos metros de profundidad por extracción de arena (Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2003 en Posada y Guzmán, 2007).

Figura 118. Pantano de manglar en bahía Hooker (Tomado de Posada y Guzmán, 2007).

En el estudio realizado por Saenz, *et al*. (2009) en Lozano-Zafra *et al.* (2011), se plantea que en inmediaciones de Tom Hooker hay un parche de manglar de 600 m de largo por 300 m de ancho y que se encuentra muy cerca de la vía circunvalar. Hacia el norte, la franja tiene 1 km de largo por 120 m de ancho en promedio y se ubica detrás de las construcciones aledañas a la vía, mientras que en cercanías a la vía Pepper Hill el parche de manglar tiene 300 m de largo por 100 m de ancho y en él se observan salares y pequeñas lagunas (Figura 119).

Respecto al área de esta unidad geomorfológica, se estima que tiene una cobertura de 1,66 km^2 (Mapa No. 1).

Figura 119. Franjas de pantanos de manglar detrás del cementerio de San Luis y Tom Hooker (tomado de Saenz et al. 2009 en Lozano-Zafra et al. 2011).

Depósitos Antrópicos

Ocupan un área bastante amplia en el sector noreste de la isla. Constituyen terrenos planos, la mayoría de ellos aledaños a la línea de costa, rellenos con arenas coralinas que conforman localmente pequeñas playas. Sobre ellos se construyó parte del terminal marítimo, muelles y vías de acceso.

Para el sector de San Luis los depósitos antrópicos están relacionados con las obras que se realizaron durante la construcción de la vía circunvalar y de algunas construcciones en terrenos aledaños a los pantanos de manglar (Mapa No. 1).

Respecto al área de esta unidad geomorfológica, se estima que tiene una cobertura de 0,71km^2.

Morfología de plataforma arrecifal periférica emergida

El IGAC en 1998, categorizo esta unidad en tres subunidades, diferenciadas por paisaje, tipo de relieve, litología y forma (Tabla 21).

Tabla 21. Plataforma arrecifal periférica emergida (IGAC, 1998).

Paisaje (1)	Tipo de relieve	Litología	Forma de terreno	Características de los suelos	Símbolo
PLANICIE MARINA	TERRAZA BAJA	Calizas arcillosas coralíferas	Planos de Abrasión	Bien drenados, superficiales, de texturas moderadamente finas, con alta retención de humedad, ligeramente alcalinos, con altos contenidos de bases intercambiables y fertilidad muy alta.	SAa
PLANICIE MARINA	TERRAZA BAJA	Calizas arcillosas coralíferas	Bajos	Pobremente drenados, superficiales, de texturas finas, con muy alta retención de humedad, neutros a fuertemente ácidos, con altos contenidos de bases intercambiables y fertilidad alta. Fase de pendientes 0-3%, encharcable.	ICa

Paisaje (1)	Tipo de relieve	Litología	Forma de terreno	Características de los suelos	Símbolo
LOMERIO DENUDACIONAL	GLACÍS DE ACUMULACIÓN	Sedimentos finos	Parte proximal	Bien drenados, profundos, de texturas finas, con muy alta retención de humedad, moderadamente ácidos a neutros, altos contenidos de bases intercambiables y fertilidad muy alta. Fase de pendientes 0-3%.	Sla

Posada y Guzmán (2007), mencionan que esta unidad corresponde a una plataforma o terraza arrecifal de la Formación San Luis, Miembro más joven, caracterizada por una morfología plana a suavemente ondulada que bordea la zona de colinas hasta el borde costero; sobresalen pequeñas ondulaciones y colinas residuales de la Formación San Andrés. Es un área dedicada básicamente al cultivo de coco con arbustos, gramíneas y algo de bosque seco; hacia la periferia está urbanizada, igual que todo el sector Norte-Noreste (North End). Se presentan procesos erosivos naturales con surcos y escorrentía y los antrópicos moderados por el uso del suelo (Mapa No. 1).

Saenz, *et al*. (2009) en Lozano-Zafra *et al*. (2011), cartografía esta unidad con ligeras depresiones que forman zonas encharcadas durante las lluvias y eventualmente asociadas a drenajes incipientes, alrededor de los cuales hay desarrollo de manglares.

Entre las vías de Tom Hooker y Sound Bay, la plataforma arrecifal está limitada al lado oeste por las colinas de la Formación San Andrés y al oriente por pantanos de manglar y los depósitos de playa y tormenta del borde costero, lo que produce un terreno deprimido. Estos terrenos han sido intervenidos para extracción de arenas y depósitos de escombros, lo que justifica en buena medida las depresiones existentes y algunos montículos (Figura 120).

Respecto al área de esta unidad geomorfológica, se estima que tiene una cobertura de 12,43km^2 (Mapa No. 1).

Figura 120. Plataforma arrecifal emergida (tomado de Posada y Guzmán, 2007).

Morfología de Colinas

El IGAC en 1998, categorizo esta unidad en dos subunidades, diferenciadas por unidades cartográficas y pendientes (Tabla 22).

Tabla 22. Morfología de colinas (IGAC, 1998).

Paisaje (1)	Tipo de relieve	Litología	Forma de terreno	Unidad cartográfica y contenido pedológico (2)	Símbolo
LOMERIO DENUDACIONAL	LOMAS	Calizas arcillosas coralíferas	Cimas	Consociación Loma: Lithic Ustropepts, familia fina, mezclada, isohipertérmica, fase muy fina, de pendientes 3-7%, erosión ligera.	LLb1
				Consociación Barrack: Typic haplustolls, familia francosa fina, mezclada, isohipertérmica. Fase de pendientes 25-50%, erosión ligera. Fase de pendientes 50-75%, erosión ligera.	BKe1

Posada y Guzmán (2007), precisan que se encuentran en la parte central de la isla en dirección norte – noreste y alcanzan una altura máxima de 87 msnm; su longitud es de 9 km y 1,5 km de ancho promedio. Corresponde a la Formación San Andrés, constituida por depósitos de lagoon y de arrecifes pequeños.

Esta pequeña cordillera se caracteriza por presentar en su parte alta una morfología plana a ligeramente inclinada, limitada en el sector nor-noreste por pendientes abruptas o escarpadas; en el sector oeste por una depresión plana a suavemente inclinada, en donde además se encuentra una morfología kárstica con dolinas, lagunas y cavernas alineadas. El sector oriental de colinas suaves con dirección E-W y un drenaje discreto con cauces paraleloshacia el sureste-sur, aumenta el tamaño de las colinas y su orientación N es controlada estructuralmente; el drenaje es incipiente (INGEOMINAS, 1996 en Posada y Guzmán, 2007).

Predominan las pendientes menores de 10° a excepción de los escarpes al noroeste y oeste suroeste donde pueden alcanzar más de 40°. Las mayores alturas se encuentran en Sam WrightHill (suroeste), Cove Hill (oeste) y Mission Hill (centro) (Mapa No. 1).

Respecto al área de esta unidad geomorfológica, se estima que tiene una cobertura de 8,47km^2.

Depósitos Cuaternarios

Para Posada y Guzmán (2007), estos corresponden principalmente a los depósitos de bloques y escombros que se encuentran al pie de las colinas, principalmente en las zonas acantiladas del nor-noroeste de la isla y del noreste, asociadas a un escarpe de la falla de San Andrés. Son cuerpos irregulares, que ocupan áreas máximas de hasta 0,5km^2, y están cubiertos por vegetación de arbustos, rastrojos y malezas, y cultivos de coco principalmente (Mapa No. 1).

Respecto al área de esta unidad geomorfológica, se estima que tiene una cobertura de 0,53km^2.

Beach Rocks

En el estudio realizado por Saenz *et al*. (2009) en Lozano-Zafra *et al.* (2011), se plantea otra unidad geomorfológica denominada Beach Rock, que si bien se plantea en Posada y Guzmán (2007), es en este documento donde se profundiza en su presencia y cartografía y se establece que es una formación de edad muy reciente y se encuentra en gran parte desde el sur del área de estudio hasta el cementerio de San Luis. Consiste de uno o dos cordones de arenisca separados entre sí por un canal somero en roca de la plataforma coralina sumergida desnuda o con acumulación incipiente de arenas, y que se formaron como resultado de la compactación de las arenas de la playa por algas en la zona intermareal. Marca antiguas posiciones de la línea de costa, por lo tanto, la posición actual en la que se observan en el área de estudio, pone en evidencia el retroceso de la línea de costa (Mapa No. 1).

Son barreras naturales sobre las cuales rompe el oleaje; hacia el sur se encuentran sumergidas o se levantan ligeramente sobre el nivel del agua hasta 20 ó 30 cm. En inmediaciones del hotel Decameron, en cambio, llegan a tener hasta 70 cm de alto y en ellas se observa claramente la laminación, con una inclinación bien definida hacia el mar y que varía del orden de 10-16-27°.

La posición de los cordones de "beach rock" es variable con respecto a la línea de costa actual; hacia el sur se encuentran retiradas de esta por un espacio aproximado de 10 m y tienen un ancho variable entre 5 y22 m. En los alrededores del Hotel Decameron se encuentran en la playa o zona intermareal, en una franja entre 4 y 10 m aproximadamente, mientras que hacia el norte no aparecen, ya porque no se formaron o porque aún están cubiertas por las arenas de la playa (Figura 121).

Figura 121. "Beach rocks" en el sector de playa del Hotel Decameron (tomado de Posada y Guzmán, 2007).

FONADE (2010), también realizó la identificación de "beach rocks", y la categorizó como unidad 2, se plantea en este estudio que en la zona central y Norte del área de interés (Sur oriente), no existen calizas arrecifales en la orilla, e incluso, en buena parte de ella, se observa la presencia de areniscas, de composición aparentemente similar a las arenas actuales. Lo cual permite clasificarlas como playas cementadas ("beach rocks").

El punto más meridional donde se ha identificado la presencia de zonas de "beach rocks" se localiza a 12° 29' 43.1" N y 81° 43' 27.5" W. Desde este lugar y hasta la zona situada justo al norte del Hotel Decamerón San Luis, existen numerosos tramos con presencia de dicha barrera semiconsolidada.

Los "beach rocks" son estructuras de origen natural, pero contribuyen a la disipación de la energía del oleaje en la zona de actuación.

Respecto al área de esta unidad geomorfológica, se estima que tiene una cobertura de 0,0165km^2 (Mapa No. 1).

2.5.1.4. Geomorfología Costera De Providencia y Santa Catalina

De acuerdo a Posada y Guzmán (2007), las unidades geomorfológicas en las islas de Providencia y Santa Catalina difieren bastante delas reportadas para San Andrés. Aquí predominan las colinas y montañas sobre las terrazas coralinas y playas, como se verá a continuación.

La morfología costera está constituida por playas, depósitos de tormenta y manglares. El borde costero acantilado se describió asociado a la geoforma de colinas y montañas (Figura 122 y Mapa No. 12).

Playas

En la isla se destacan tres sectores de playas: Manzanillo localizada al sureste, la playa del Suroeste y las playas de Fresh Water. Estas playas de caracterizan por haberse desarrollado entre puntas rocosas que les dieron abrigo y permitieron que se extendieran ampliamente.

Todas ellas se componen de arenas coralinas y terrígenas finas, con pendientes del frente de playa entre 4 y 12° y bermas bien definidas por dunas incipientes con vegetación y escarpes de playa. Localmente están limitadas por "beach rocks" y depósitos de gravas (Figura 122 y Figura 74).

Respecto al área de esta unidad geomorfológica, se estima que tiene una cobertura de 0,215 km^2 (Mapa No. 12).

Figura 122. Playas en la isla de Providencia, Machoneel Bay (Manzanillo) (tomado de Posada y Guzmán, 2007).

Figura 123. Playa en Fresh Water (tomado de Posada y Guzmán, 2007).

Depósitos de Tormenta

Son cuerpos lineales elongados, paralelos a la línea de costa, que se encuentra en sectores donde hay playas y manglares. Están constituidos por fragmentos gruesos de arrecifes coralinos y en menor cantidad de rocas volcánicas de tamaño gránulos, gravas y cantos.

Respecto al área de esta unidad geomorfológica, se estima que tiene una cobertura de 0,0291km^2 (Figura 74 y Mapa No. 12).

Pantanos de manglar

Son depresiones pantanosas, con un sustrato lodoso – arenoso, colonizado por mangle; se localizan principalmente en Mourning Tree Bay, que es el más conservado y extenso; en la bahía de Manzanillo y la del Suroeste; en Old Town Bay, Big Well al sureste de Santa Catalina y Santa Isabel al noreste de Providencia. En todos ellos predomina el mangle rojo, pero también hay mangle negro y blanco. Las bahías en su entorno tienen un fondo lodoso que se extiende decenas de metros hacia el mar. En Mouring Tree Bay hay una laguna interior (Figura 124).

Respecto al área de esta unidad geomorfológica, se estima que tiene una cobertura de 0,55 km^2 (Figura 74 y Mapa no. 12).

Figura 124. Pantano de manglar Old Town Bay (tomado de Posada y Guzmán, 2007).

Morfología de colinas y montañas

Ocupa casi el 90% de las islas incluyendo los depósitos cuaternarios de derrubios y coluviales.

Es una morfología netamente volcánica, con montañas altas y escarpadas, pendientes irregulares, picos y depresiones redondeadas, fracturas profundas y laderas moderadas a suaves hacia el piedemonte, en donde se localizan en general los depósitos.

El relieve montañoso más alto ocupa la parte central de la isla, en donde se destacan Marshal Hill (167m), Split Hill (153 m), Manzanillo Hill (182 m) y High Peak, que es la máxima altura con372 m. Se forman acantilados prominentes (más de 6 m) al norte de Fresh Water, en el sector de Kitty Wharf, Jones Point, Maracaibo Hill, Ironwood Hill, Rocky Point, Murria Hill y Alligátor Point. En el resto de la costa, se tienen acantilados más bajos (3 - 4 m) conformados por los depósitos coluviales, piroclásticos o volcaniclásticos y al sur por la terraza coralina del Sangamoniano.

Respecto al área de esta unidad geomorfológica, se estima que tiene una cobertura de 21,08km^2 (Figura 74 y Mapa No. 12).

2.5.2. *Diagnóstico del estado actual del componente biótico*

La vegetación presente en el borde costero del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina además de ser de alta importancia ecológica, tiene una connotación económica significativa; la presencia de bosques de manglar como mitigadores de inundaciones y erosión, sus playas, recurso vital para el turismo, la biodiversidad que alberga y su importancia para la anidación de tortugas y lugar de descanso de aves migratorias y residentes, la convierten en un elemento clave para la sostenibilidad ambiental.

Por su extensión el archipiélago es un área ecológicamente diversa, por su complejidad y continuidad en sus hábitats proporciona una alta gama de ecosistemas importantes para el desarrollo de fauna y flora. En cada uno de estos se observan diferentes grados de intervención

humana, lo que está ligado al uso que se le dé a los recursos y los fenómenos naturales que los estén afectando (Carvajal, 2009).

La franja de estudio está compuesta por cuatro unidades paisajísticas, litoral arenoso (playas arenosas), litoral rocoso (afloramientos de rocas coralinas), manglar, bosque seco y vegetación terrestre (zona asociada a manglar). En total estas unidades poseen una extensión aproximada de 40.000 metros lineales. Se enumeran cuencas y humedales como El Cove en San Andrés, y McBean en Providencia, humedales como Doras Pond, Dorna Pond, Cocoplum y Manuel Pond y la presencia de área protegidas cómo el Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon y Old Point Regional Mangrove Park. Así mismo se destaca la presencia de relictos de bosque seco mostrando una mayor cobertura en el PNN.

A continuación se hará una descripción de los elementos clave de estos ecosistemas y su importancia para la isla.

Tabla 23. Listado de ecosistemas presentes en el área de estudio y su extensión.

Isla	Ecosistema	Área (ha)
San Andrés	Manglares	163,723918
	Playa	12,40541
	Litoral rocoso	35,3651
	Humedales	0,435809
	Bosques	9,638861
Total		221,569098
Providencia y Santa Catalina	Manglares	52,678157
	Playa	9,702102
	Litoral rocoso	3,731748
	Humedales	8,087242
	Bosques	7,067766
Total		**81,267015**
Total área de estudio		**302,836113**

Fuente: Labsis INVEMAR, 2014

Adicionalmente la franja de estudio tiene una composición de coberturas mixtas que está constituida por áreas de cultivos, zonas portuarias, pastos, tejido urbano entre otras, cabe destacar que para la franja de estudio de las islas existen una representación importante de áreas urbanas (27,40 y 21,28%) en San Andrés y Providencia y Santa Catalina respectivamente. Además de vastas áreas cubiertas por vegetación secundaria en proceso de recuperación (22% para San Andrés) y terrenos provistos de arbustales bajos abiertos (14% Providencia y Santa Catalina).

Tabla 24. Coberturas presentes en el área de estudio.

Coberturas de la tierra	San Andrés		Providencia y Santa Catalina	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Aeropuertos	12,71	1,37	5,47	2,79
Arbustal abierto	32,27	3,48	26,37	13,45
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	27,80	3,00		
Arbustal denso			14,57	7,43
Bosques	9,64	1,04	7,07	3,60

Coberturas de la tierra	San Andrés		Providencia y Santa Catalina	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Canales	0,02	0,00		
Espolones	0,19	0,02	0,01	0,01
Instalaciones recreativas	12,08	1,30	3,32	1,69
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0,44	0,05	8,09	4,12
Litoral rocoso	35,37	3,82	3,73	1,90
Manglares	163,72	17,66	52,68	26,86
Mosaico de cultivos			0,73	0,37
Mosaico de cultivos y espacios naturales	1,18	0,13		
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	3,69	0,40		
Mosaico de pastos con espacios naturales	29,67	3,20	0,30	0,15
Mosaico de pastos y cultivos	3,60	0,39		
Otros cultivos permanentes arbóreos	2,97	0,32		
Pastos arbolados	24,46	2,64	0,61	0,31
Pastos enmalezados	4,23	0,46	0,19	0,10
Pastos limpios	14,21	1,53	0,50	0,25
Playas	12,41	1,34	9,70	4,95
Red vial, ferrovías y terrenos asociados	42,91	4,63	5,86	2,99
Tejido urbano continuo	254,73	27,48	42,23	21,54
Tejido urbano discontinuo	2,36	0,25	0,98	0,50
Tierras desnudas y degradadas	3,25	0,35	4,90	2,50
Vegetación secundaria o en transición	206,32	22,26	8,58	4,38
Zonas industriales o comerciales	1,30	0,14		
Zonas portuarias	13,08	1,41	0,20	0,10
Zonas verdes urbanas	12,34	1,33		
Total general	**926,96**	**100**	**196,10**	**100**

Fuente: Labsis INVEMAR, 2014

Del total de la superficie delimitada en el área de estudio entre un 24 y 45% (San Andrés y Providencia y Santa Catalina respectivamente) está cubierta por ecosistemas de playa, manglar, bosques, litoral seco, y humedales; más de la mitad de estas áreas está cubierta por manglares (17 y 27%), seguidas por las playas y el litoral rocoso que para la isla de San Andrés tiene una importante extensión. En las islas de Providencia y Santa Catalina los humedales costeros representan un 4% del área de estudio con alrededor de 7 hectáreas.

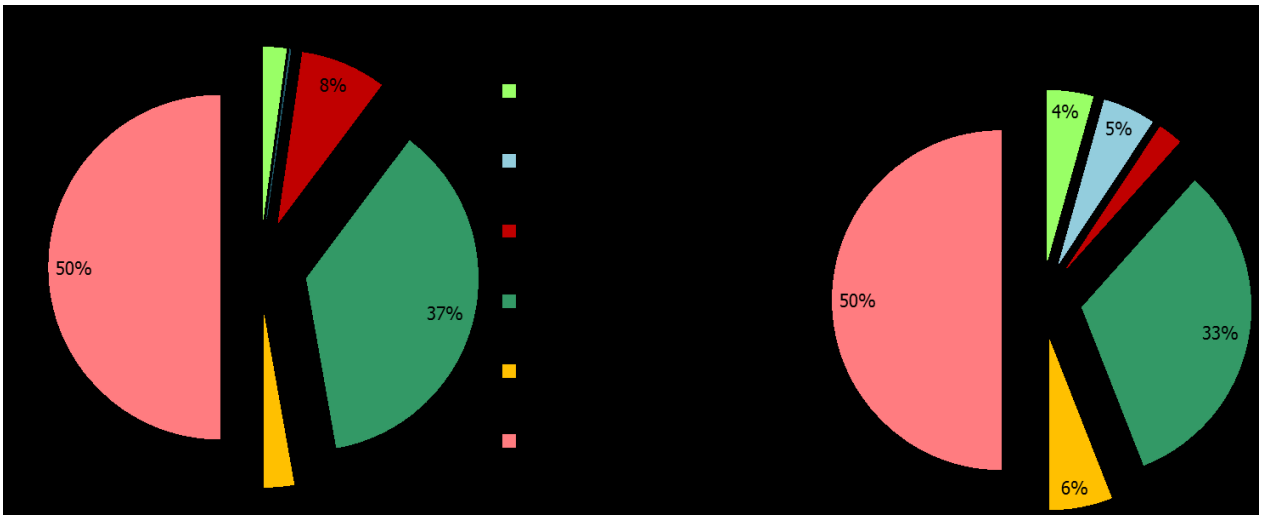


Figura 125. Proporción de coberturas frente a ecosistemas estratégicos en el área de estudio.

2.5.2.1. Manglares

Isla de San Andrés

Los manglares en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina cubren una extensión de 213,73, de los cuales 161,29 ha se encuentran en la Isla de San Andrés y 52,44 ha en Providencia y Santa Catalina. En San Andrés la mayoría de los bosques de manglar se encuentran ubicados sobre el costado oriental debido a las condiciones hidrológicas, sedimentológicas, geomorfológicas e intensidad del oleaje presentes en la zona. En el costado occidental de la isla y sobre una pequeña zona protegida se encuentra el manglar del Cove.

En general para el área se presentan cuatro especies de nucleares de manglar: *Rhizophora mangle* (Rm), *Laguncularia racemosa* (Lr), *Conocarpus erectus* (Ce) y *Avicennia germinans* (Ag) (Tabla 25).

Tabla 25. Composición de especies en lo ecosistemas de manglar en el Archipiélago.

Sector	Subsector	Composición	Especie Dominante
San Andrés	Bahía Hooker – Bahía Honda	*Rm, Ag, Lr, Ce*	*Rm*
	Cocoplum Bay	*Rm, Lr, Ce*	*Rm*
	Salt Creek	*Rm, Lr*	*Rm*
	Sound Bay	*Ag, Rm, Lr*	*Rm*
	Smith Channel	*Rm, Lr*	*Rm*
	Cove	*Rm*	*Rm*
	Hotel Aquarium Decamerón y Casa de la Cultura del Centro	*Rm, Ce*	*Rm*
	Cotton Cay	*Ce, Rm*	*Ce*
	Parches menores del borde costero vía San Luis (parches entre el apostadero naval y Rocky cay).	*Ag, Ce, Rm*	*Ag*
	Little Gough	*Ag, Ce*	*Ag*
	Hoffie	*Ce*	*Ce*
	Parches del manglar del costado occidental (Km 4 hasta el hoyo soplador)	*Ce*	*Ce*

Sector	Subsector	Composición	Especie Dominante
	Cabecera del aeropuerto (costado oriental)	*Ce*	*Ce*
	Cabecera del aeropuerto (costado occidental)	*Ce*	*Ce*
	Velodia Road	*Lr*	*Lr*
	Bowie Bay	*Rm, Ce, Lr*	*Rm*
	Sena	*Rm, Ce*	*Rm*

Fuente: Lopez *et al.* (2009).

A continuación podemos ver un resumen de las principales características de la vegetación agrupadas por sectores (Tabla 26).

Tabla 26. Principales características de la vegetación de los manglares de San Andrés.

Sitio	Características
Bahía Hooker – Bahía Honda (Parque Natural Regional Old Point)	Bosque ubicado al nororiente de las islas, entre el muelle departamental y el apostadero naval, compuestas aproximadamente *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y bosque mixto de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*. Presenta un alto grado de deterioro, que en la actualidad registra importantes procesos de regeneración natural.
Cocoplum Bay	Localizado en el costado este de la isla, conformadas por *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y zonas mixtas de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y parches de *Conocarpus erectus*.
Salt Creek	Localizado al este de la isla, dominado en su mayoría por árboles de *Rhizophora mangle* y en menor proporción *Laguncularia racemosa.*
Sound Bay	Ubicado al sureste de la isla, posee un composición de *Avicennia germinans*, *Rhizophora mangle* y áreas mezcladas de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa.*
Smith Channel	Al extremo sureste, es el más desarrollado de la isla, compuesto por *Laguncularia racemosa* y bosques mixtos de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa.*
Cove	Ubicado en el extremo occidental de la isla, en la zona interna de la rada del Cove. Dominado por *Rhizophora mangle.* Posee buena estructura, tiene problemas de sedimentación y basuras.
Hotel Aquarium Decamerón y Casa de la Cultura del Centro	Representados en su totalidad por *Rhizophora mangle* de bajo desarrollo estructural y ocupan pequeñas áreas protegidas del fuerte oleaje. Tiene restricciones de crecimiento, pero en general tiene buenas condiciones sanitarias.
Cotton Cay	Predomina el mangle *Conocarpus erectus*
Parches menores del borde costero vía San Luis (parches entre el apostadero naval y Rocky cay).	Se encuentra un pequeño parche de manglar caracterizado por su bajo desarrollo estructural y constituido principalmente por *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus.*
Little Gough	Es el parche de menor área, la especie dominante es *Avicennia germinans* y cubre aproximadamente el 5% del parche. El 80% del manglar está constituido por *Conocarpus erectus* con buen desarrollo estructural. El 15% de la cobertura vegetal está representado por otras especies asociadas.
Hoffie	Conformado por *Conocarpus erectus*, los árboles presentan bajo desarrollo estructural y altura promedio 3 m, se encuentra afectado por acumulación de residuos sólidos y vertimiento de aguas residuales.
Parches del manglar del costado occidental (Km 4 hasta la hoyo soplador)	Ubicado en la costa occidental, presenta predominio de mangle botón. La presencia de *Conocarpus erectus* lo hace de importancia para de interés local para la conservación debido a su poca densidad en la Isla.
Cabecera del aeropuerto (costado oriental).	Es un parche de mangle ubicado en el costado oriental de la isla dentro del aeropuerto, aledaño a un humedal, está constituido por *Conocarpus erectus* de baja altura y desarrollo estructural.
Cabecera del aeropuerto (costado occidental).	Presenta predominio de *Conocarpus erectus* y vegetación asociada. Los árboles presentan bajo desarrollo estructural y altura promedias de medianos valores.
Bowie Bay	Localizado en el extremo sur occidental de la isla. Las especies predominantes en la zona es *Rhizophora mangle*, *Conocarpus erectus* y *Laguncularia racemosa*. Adicionalmente se encuentra vegetación asociada como helechos, palmas de coco, lirios de playa, rastreras, uva playera, ciperáceas y algunas trepadoras.

Sitio	Características
Velodia Road	Buffer de 30 m alrededor del manglar, predomina *Laguncularia racemosa*
Sena	Manglar de borde dominado por *Rhizophora mangle*, con presencia de *Conocarpus erectus*.

Fuente: Lopez *et al.* (2009).

Isla de Providencia y Santa Catalina

De los 209,72 ha de manglares en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina 52,44 ha se encuentran en Providencia y Santa Catalina.

En general para el área se presentan cuatro especies de nucleares de manglar: *Rhizophora mangle* (Rm), *Laguncularia racemosa* (Lr), *Conocarpus erectus* (Ce) y *Avicennia germinans* (Ag) (Tabla 27)

Tabla 27. Composición de especies en lo ecosistemas de manglar en Providencia y Santa Catalina.

Sector	*Composición*	*Especie dominante*
Mc BeamLagoon	*Ag, Lr, Rm, Ce*	*Rm*
South West Bay	*Lr, Rm*	*Lr*
Old Town	*Ag, Rm, Lr, Ce*	*Ag*
Jones Point-town	*Rm*	*Rm*
Santa Catalina	*Ag, Lr, Rm*	*Ag*
Manchineel Bay	*Rm,Lr, Ce*	*Rm*
Free Town	*Rm,Lr, Ce*	*Rm*

Fuente: Lopez *et al.* (2009).

Tabla 28. Principales características de la vegetación de los manglares de San Andrés.

Sitio	Descripción
McBean Lagoon	Está situado en la zona noreste de la Isla (13° 21' 50" N y 81° 21' 30" W) entre Iron Wood Hill y Maracaibo Bay, es el manglar más extenso con una cobertura vegetal equivalente a 34 ha (SIG-CORALINA, 2009), más tres planos lodosos y dos lagunas internas salinas. Es un manglar expuesto al mar o de borde según los diferentes tipos fisiográficos. A pesar de su localización es una zona muy protegida de fuertes oleajes, ya que la gran barrera arrecifal situada en forma paralela dentro del mar frena el embate del oleaje oceánico. Las especies predominantes son *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*, en algunas zonas se encuentran árboles aislados de *Laguncularia racemosa* en pequeños grupos de árboles (Taylor, 1994). Las parcelas CARICOMP están constituidas únicamente por la especie *Rhizophora mangle*, en cuanto a la distribución diamétrica la mayoría está representado en la categoría de latizales, le sigue los fustales y por último los brinzales, que coinciden con el valor promedio de DAP con 11,75 cm y el promedio de altura de 8,62 m. y un área basal promedio de 9,40 m^2/ha de acuerdo a esto valores que manifiestan un estado de desarrollo maduro con el respectivo valor de la densidad promedio de 2400 $^{ind/ha}$ (Machacón, 2007). En la parcela PPC se caracteriza por estar constituida exclusivamente por la especie *Avicennia germinans*, estos se encuentra distribuidos principalmente en las categoría diamétricas latizales, brinzales y en menor número de fustales, que presenta un DAP promedio de 9,12 cm. con alturas promedios de 5,98 m siendo un valor bajos, un área basal de 22,80 m^2/ha y una densidad de 2281,8 $^{ind}/_{ha}$ 0gt, según los anteriores se cataloga al bosque en un estado de desarrollo maduro (Machacón, 2007).
South West Bay*	Es el segundo manglar en extensión, como su nombre lo dice se encuentra en la zona suroeste de la Isla (13°29' 30" N y 81° 23' 15" W). Se caracteriza por encontrarse detrás de una barra arenosa, un poco elevada. El manglar limita en su borde externo con vegetación de playa y en su borde interno con vegetación transición terrestre. Las especies de mangle predominantes son *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*. Es raro encontrar *Avicennia germinans*, tan es así que solo existe una pequeña zona con pocos individuos (Taylor, 1994). La parcela PPC constituida en su mayoría por *Laguncularia racemosa* y apariciones de *Rhizophora mangle*, a su vez el mayor número de individuos se distribuyen en las categorías diamétricas latizales y brinzales y

Sitio	Descripción
	presencia de un fustal. Se presentaron cambios de la estructuras con el aumento de las categorías diamétricas inferiores, que se adjudican al ingreso de 4 reclutas y la muerte o desaparición de 18 individuos probablemente con mayor DAP y altura total, siendo esta una de las causa del valor del DAP promedio sea de 6,41 cm, que es considerado bajo, el área basal presento un valor de 9,78 $^{m^2/ha}$, la densidad con en 2238,8 $^{ind/ha}$. Este bosque se cataloga según los resultados de los índices estructurales como un bosque maduro (Machacón, 2007).
Old Town*	Es el tercer manglar en extensión con 4,12 ha. Está ubicado en el lado noroeste de la Isla (13°22' 20" N y 81° 22' 15" W) en Catalina Bay, detrás de una pequeña barra arenosa de poca elevación. Posee una entrada de agua marina, formándose en su interior una pequeña laguna que se seca en mareas bajas por su poca profundidad. En su borde interno encontramos un extenso plano lodoso, inundado en algunas ocasiones por las mareas altas. Las especies predominantes son *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*, esporádicamente se encuentran individuos solitarios de *Laguncularia racemosa* y solamente en el borde exterior sobre la barra hallamos a *Conocarpus erectus* (Taylor, 1994).
Santa Catalina*	Ubicado en el borde suroriental de la Isla de Santa Catalina (13° 22' 30" N y 81° 22' 20" W), con un área de 2,25 ha. El manglar se distribuye en una serie de parches aislados de *Rhizophora mangle*. Sin embargo, en la zona de mayor extensión encontramos *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* (Taylor, 1994). La regeneración natural en general en los parches encontrados varía de media a baja. A continuación se enumeran los parches que se encontraron en la isla. • Mucala Point • Big Wele • Milta Point • Walis • Warin mangroves • Big John Mangrove
Manchineel Bay*	Está situado en el extremo suroriental de la Isla (12°28'55" N y 81° 22' 50" W), que tiene una extensión de 1,5 ha. Se ubica detrás de una barra arenosa. Posee un pequeño canal central dentro del cual se acumulan aguas derivadas de la escorrentía y del pequeño arroyo que se activa en épocas de lluvias provenientes de Murray Hill, es un sistema muy parecido al de Suroeste pero de menor dimensión. Las especies presentes son *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* y unos pocos árboles de *Conocarpus erectus* (Taylor, 1994). La parcela PPC tiene la particularidad de presenta exclusivamente a la especie *Rhizophora mangle*, destacándose que la mayoría de los individuos se encuentra en las categorías superiores con un DAP promedio de 11,77 cm., reportando un promedio de altura total d 9,23 m, además de un área basal de 14,95 $^{ind}/_{ha}$ y una densidad de 663,13 $^{ind}/_{ha}$. Indicando un estado estructura maduro (Machacón, 2007).
Smouth Water	Dominado por *Rhizophora mangle* es un bosque maduro, localizado en N 13° 18'45".7 -W 81° 22'19.2", es muy cercano a viviendas lo que lo hace susceptible a vertimientos de aguas residuales, tiene características estructurales medias
Botton House	Bosque con predominio de *Rhizophora mangle*, con promedios bajos de estructura, es decir alturas promedio bajas, densidades bajas podría considerarse un bosque en un alto grado de madurez, no está sometido a muchos tensores, pero una amenaza que tiene es el alto grado de erosión que tienen las playas aledañas.
John mangrove	Es un bosque con una extensión considerable, que está dominado por mangle negro, una regeneración muy alta, a pesar del impacto generado por la construcción de un escenario deportivo muy cercano a él, por el vertimiento aguas residuales, desechos de construcción, relleno.
Fresh Water	Es un parche localizado entre los N 13°20'41" W81° 23' 36.4" y N 13°20'41.1" W 81° 23'65.5", está caracterizado por sus buenas condiciones estructurales, es decir posee una densidad media, una regeneración considerable, aunque tiene problemas de crecimiento por limitaciones por la construcción de casas muy cercanas.
Black Sand Bay	Es un bosque con muy pobres características estructurales, su alturas no superan el metro y medio, la regeneración es muy pobre la densidad no alcanza los rangos mínimos además por la adecuación de obras de alcantarillado esta por desaparecer, pues está siendo talado.

*Información consultada en el SIG Coralina, año 2009, Fuente: Lopez *et al.* (2009).

2.5.2.2. Playas

Las playas en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina son el resultado de la sedimentación de las arenas arrastradas que provienen de la erosión de rocas coralinas que han sido acumuladas en las lagunas arrecifales y por la dinámica costera se acumulan en la línea de costa (CORALINA, 1999- 2007) estos ecosistemas son de alta importancia ecológica y brindan

equilibrio entre los demás ecosistemas cercanos y además brindan soporte y protección al borde costero.

En el Archipiélago poseen un área total de playas de 5,89 km^2 (CORALINA-INVEMAR, 2012), la mayor extensión se encuentran en la isla de San Andrés, las áreas más importantes se ubican hacia la zona de Sprat Bigth con extensiones hasta de 60 metros, seguidas de áreas más pequeñas que se encuentran localizadas en los sitios: la Mansión, Rocky Cay, Sound Bay, Decamerón San Luis, Tom Hooker y Elsy Bar con amplitudes variables de 10 a 15 m (Posada y Guzmán, 2007).

En la isla de Providencia se destacan tres sectores: Suroeste, Agua Dulce (Fresh Water) y Manzanillo las cuales según Posada y Guzmán (2007), se desarrollaron entre puntas rocosas que le dieron abrigo y permitieron que se extendieran ampliamente.

Dentro de la flora presente en las playas del archipiélago se encuentra la suriana marítima (*Tournefortia gnaphalodes*), la barrila (*Batis marítima)*, la enea (*Typha angustifolia*), la alfafa del trópico (*Clitoria ternatea*), san diego (*Antigon lectopus*) y el platanillo (*Canna indica*) (Carvajal, 2009).

2.5.2.3. Humedales

Los humedales que se encuentran ubicados en áreas insulares son áreas indispensables para el territorio acogen a infinidad de especies vegetales y animales, que encuentran en estos lugares el refugio adecuado para su sostenimiento, para su reproducción, cría y alimentación. De ahí la importancia de estos espacios para la conservación de la biodiversidad.

Los humedales presentes en el área de estudio, si se los compara con los de las masas continentales son de baja relevancia pero representan sistemas importantes para estas islas oceánicas ya que sirven de refugio a la flora y la fauna particular, en especial para aves residentes y migratorias. Los humedales son también fuente de recursos hidrobiológicos para el aprovechamiento humano, tales como los manantiales ubicados en Schooner Bight y las aguas subterráneas en San Andrés y los ubicados en la microcuenca de FreshWater, que abastece a la represa en la isla de Providencia (Machacón, 2012).

Por lo que no solo hay un valor natural, sino un valor socioeconómico muy apreciado por las comunidades locales.

El área ocupada por los humedales superficiales en la isla de San Andrés tiene una extensión de 2.700 hectáreas, para nuestra área de estudio solo se incluye la que hace parte de los humedales llamados Doras Pond, Dorna Pond, Cocoplum, Manuel Pond, con alrededor de 0.60 ha, posee vegetación herbácea típica constituida por especies de *Echinochloa polystachya* (pasto alemán o aleman grass), *Panicum sp*. (paja de agua o laxpanicgrass), *Polygonum densiflorum* (tabaquillo o denseflower), *Ludwigia erecta (yerba de jicotea o primrose willow), Cyperus cf. rotundus (cortadera o nut grass), Killinga peruviana (*fosforito*), Lemna aff. minor (*lenteja de agua o lesserduck weed*), Typha angustifolia (*enea o small reed*) y Pistia stratiotes (*lechuga de agua o wáter lettuce*)* y una dinámica de expansión y contracción sincronizada con los cambios de nivel del agua. Muchos de estos cuerpos de agua son de carácter temporales, pero también los hay permanentes, y dependiendo su origen se le puede clasificar como testigo de antiguas zonas de pantanos o manglar, también se ubican en zonas de amortiguamiento de los bosque de manglar. La mayoría de estos ecosistemas acuáticos pueden contener aguas dulces, salobres o saladas.

En las islas de Providencia y Santa Catalina el valor del área ocupada por humedales supera las 2.151 ha distribuidas en la represa de Fresh Water, y las 10 microcuencas de Bottom House (385 ha), Bowden (407 ha), San Felipe (282 ha), Fresh Water (235 ha), South West Bay (130 ha), Smooth Water (144 ha), Bailey (219 ha), McBean Lagoon (227 ha), Bahía Garret (47 ha) y Santa Catalina (75 ha) (Piñero, 2003).

2.5.2.4. Litoral rocoso

En el Caribe colombiano se encuentran litorales rocosos a lo largo de toda la costa continental, en las islas sobre la plataforma continental y en las islas oceánicas del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, abarcan una longitud aproximada de 37,01 hectáreas. En términos generales se trata en su mayoría de litorales inestables, están distribuidos a lo largo del costado occidental de la isla de San Andrés y en secciones del costado oriental entre South End, Rocky Cay y North End.

Los acantilados presentes en el archipiélago formados por la acción erosiva del oleaje marino, se localizan principalmente en la zona del el Cove en San Andrés y en Punta Caimán en la isla de Providencia (Carvajal, 2009).

Esta unidad presenta condiciones similares a la unidad playa, en cuanto a la salinidad y a la poca disponibilidad de agua dulce, pero difiere en cuanto a la estabilidad del sustrato. En esta unidad, factores como oleaje, tipo de sustrato y pendiente, determinan la composición de las comunidades. La flora ha desarrollado un sistema radicular lo suficientemente fuerte para adherirse a la superficie rocosa. Aquí viven especies como *Sesuvium portulacastrum*, la cual es de crecimiento rastrero, retiene granos de arena y además aporta la materia orgánica suficiente para que se establezcan otras especies arbustivas que posteriormente servirán de hábitat para especies de fauna (Murcia *et al.*, 2012).

Figura 126. Arriba: Litoral en la parte occidental de la isla de San Andrés. Abajo: Acantilado isla de Providencia (Cabeza de Morgan).

2.5.2.5. Bosque seco

El estado de conocimiento sobre el bosque seco tropical en Colombia es insuficiente y además de que existen pocos remanentes de este ecosistema (Instituto Alexander von Humboldt, 1998; Mendoza 1999). El estado sucesional de bosque seco en las islas de Providencia y Santa Catalina durante los últimos 20 años ha experimentado un sistemático abandono de sus tierras dedicadas

a la agricultura y la ganadería, dando paso a un proceso de forestación y brindando una rara oportunidad para el estudio de la sucesión del bosque seco tropical (Ruiz *et al*.,2005).

Se debe considerar que actualmente son pocos los remanentes existentes, presenta mínima cobertura y que se encuentra ad portas de desaparecer completamente en sus condiciones originales. Las especies predominantes son *Melanthera aspera, Tecoma stans, Cordia sebestena* y las del costado oriental son *Zoysia matrella, Sesuvium portulacastrum, Ipomoea pescaprae y Lippia nodiflora.* En el sector norte predominan *Coccoloba uvifera, Sesuvium portulacastrum, Hymenocallis caribaea* y *Morinda royoc.*

2.5.3. *Diagnóstico del estado actual del componente socioeconómico*

2.5.3.1. *Características socio-demográficas*

Tamaño y estructura poblacional

Para el departamento de San Andrés y Providencia se estima para el año 2013 una población de 75.167 personas de las cuales 70.069 viven en la isla de San Andrés y 5.098 en Providencia (DANE, 2009). Para el caso de la Isla de San Andrés en el año 2013 la mayor parte de la población vive en la cabecera ubicada en el norte de la isla (el 72,9%) y el restante (26.1%) vive en el resto del territorio, esta connotación nos permite observar a la isla con un alto nivel de urbanización, sin embargo, ha disminuido en comparación al año 2005 cuando la población en la cabecera municipal alcanzaba el 73,8%. Contrario, para el caso de Providencia y Santa Catalina el mayor grupo de población no se encuentra asentado en la cabecera municipal, sino en el resto de la isla (56.3% para el año 2013, y 58,1% en el 2005), esta característica nos permite entender que este municipio mantiene características de mayor ruralidad. Aunque, en la cabecera municipal de Providencia y Santa Catalina se presenta una menor población en comparación con la isla de San Andrés, el tamaño de los hogares es inferior, lo que representa desventajas para los hogares de San Andrés, teniendo en cuenta que puede significar una mayor dependencia económica de la población económicamente activa (Tabla 29).

Frente a las amenazas climáticas es importante resaltar que el mayor grupo de población del área de estudio se encuentra asentada en el litoral de la isla principalmente en North End, en donde están más expuestos a los impactos del aumento del nivel del mar.

Tabla 29.Tamaño y distribución de la población de San Andrés y Providencia 2005 y 2013 (proyecciones del DANE, 2009).

Municipio	Área	Viviendas (2005)	Hogares (2005)	Personas				Personas/Hogar (2005)
				2005	2005%	2013*	2013%	
Providencia y Santa Catalina	Cabecera	505	516	1739	41,9	2226	43,7	3,4
	Resto	766	761	2408	58,1	2872	56,3	3,2
	Total	1271	1277	4147	100,0	5098	100,0	3,2
San Andrés	Cabecera	10641	10794	40902	73,8	51084	72,9	3,8
	Resto	4380	4079	14524	26,2	18265	26,1	3,6
	Total	15021	14873	55426	100,0	70069	100,0	3,7
Total departamental	Cabecera	11146	11310	42641	71,6	53310	70,9	3,8
	Resto	5146	4840	16932	28,4	21137	28,1	3,5

Municipio	Área	Viviendas (2005)	Hogares (2005)	Personas				Personas/Hogar (2005)
				2005	2005%	2013*	2013%	
	Total	16292	16150	59573	100,0	75167	100,0	3,7

* Proyección del DANE

Estructura poblacional

En cuanto a la población se observa que es relativamente joven, pero que entre el año 1995 – 2000 comienza el descenso del número de niños, principalmente para el caso de San Andrés, esta característica es importante en términos de la sensibilidad de la población, puesto que poblaciones con un gran número de infantes están asociadas a condiciones de mayor dependencia demográfica, y con ello menores oportunidades de desarrollo de los grupos sociales. El índice de dependencia demográfica es de 54,4% para San Andrés, y para el caso de Providencia alcanza el 57,7%, esto señala la existencia de una mayor población dependiente (en términos etarios) para Providencia y Santa Catalina (Figura 127).

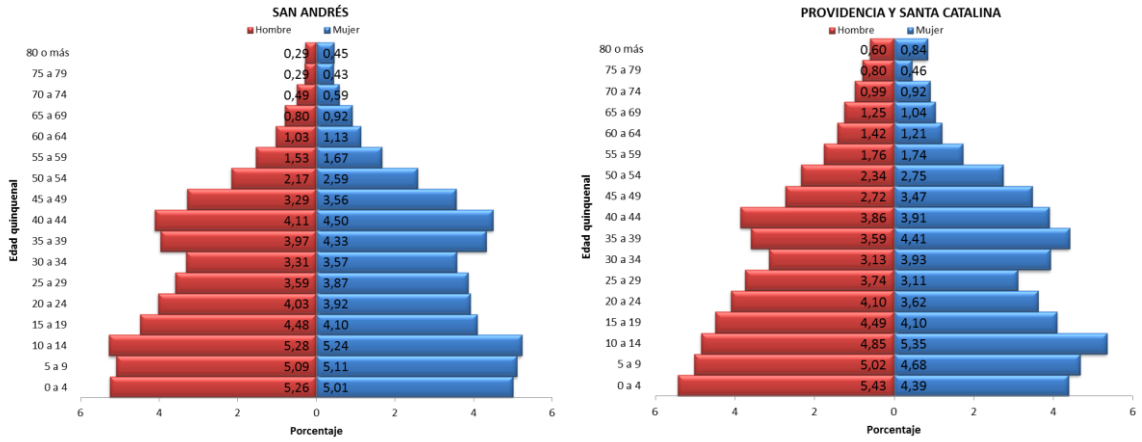


Figura 127. Pirámide poblacional de San Andrés y Providencia y Santa Catalina año 2005. Fuente: elaboración con información de DANE (2005).

Crecimiento poblacional y tipo de poblamiento

La historia reciente del Archipiélago de San Andrés y Providencia, esta permeada por dos acontecimientos que motivaron cambios importantes en términos poblacionales para las islas, el primero es la declaratoria de Puerto Libre en el año 1964, que llevo al crecimiento acelerado de la población por la atracción masiva de inmigrantes y la segunda es la apertura económica que se da a nivel nacional y el control de la inmigración al Archipiélago a partir de 1993, que limito el crecimiento poblacional.

El primer acontecimiento importante que dinamizó la forma de ocupación del territorio, fue la declaratoria de puerto libre que atrajo población de fuera de la isla que veía en el intercambio comercial oportunidades para mejorar sus condiciones de vida, lo que llevo al crecimiento poblacional acelerado (alcanzando una tasa de crecimiento por encima del 10% en 1964) e inesperado en el Archipiélago, consolidando un tipo de poblamiento no planificado sobre un ecosistema frágil (Abello & Giaimo, 2000), estos cambios transformaron por completo la economía

y la sociedad del área, sin embargo, se presentan primordialmente en San Andrés, puesto que Providencia se mantuvo con una menor influencia a estos cambios (Meisel, 2003) (Figura 128).

La aparición del turismo y el comercio ocasionó grandes presiones sobre el sistema social y natural, se presenta cambio en la forma de apropiación del territorio que es reconfigurada hacía las nuevas actividades económicas. Algunas personas que viajan al archipiélago como turistas, llegan a establecerse en la isla de San Andrés como comerciantes aprovechando las ventajas que ofrece este espacio, lo que ha traido consigo la necesidad de mayor infraestructura urbana y con ello el aumento de la demanda de mano de obra para la construcción, atrayendo a trabajadores en su mayoría provenientes del Caribe Continental. Sin embargo, los raizales presentan baja participación de la nueva dinámica económica, ocasionando la marginalización generalizada de los procesos productivos y de desarrollo (Meisel, 2003), las crecientes demandas de la población en un contexto de escasos recursos y de limitado desarrollo, lleva al agravamiento de los problemas de suministro de agua y del manejo de las basuras (Abello & Giaimo, 2000).

Dentro de este contexto, se presentó un tipo de poblamiento concentrado al norte de la isla de San Andrés, en North End, se observó el crecimiento acelerado que se presenta de dos formas: en la primera, en forma de fincas pequeñas en dónde se empiezan a construir viviendas hasta ocupar prácticamente todo el espacio sin trazar de calles, solo pequeños caminos peatonales, en la segunda forma, a través de la ubicación de viviendas alrededor de algunas vías precarias. Se observan pocos barrios que surgen de un proceso de planificación a través de proyectos de vivienda direccionados desde el orden nacional o regional, por otra parte, el bajo ingreso de algunas familias y la dificultad para conseguir vivienda, las lleva a instalarse en áreas subnormales, en donde las viviendas son construidas en un material de baja calidad (Abello & Giaimo, 2000).

El segundo acontecimiento, resultado del cambio del modelo económico nacional, fue la apertura económica del país, que facilitó la entrada de mercancías a todo el país y con ello disminuye el atractivo comercial de la isla otorgado a partir de la declaratoria de puerto libre, disminuyendo la actividad comercial. De igual forma, comienzan a implantarse mecanismos en la isla para el control de la inmigración. Estos dos hechos llevan a la disminución del crecimiento de la población en comparación con los periodos anteriores (Meisel, 2003), para el año 2010 la tasa de crecimiento poblacional está por debajo del 2% (Figura 128).

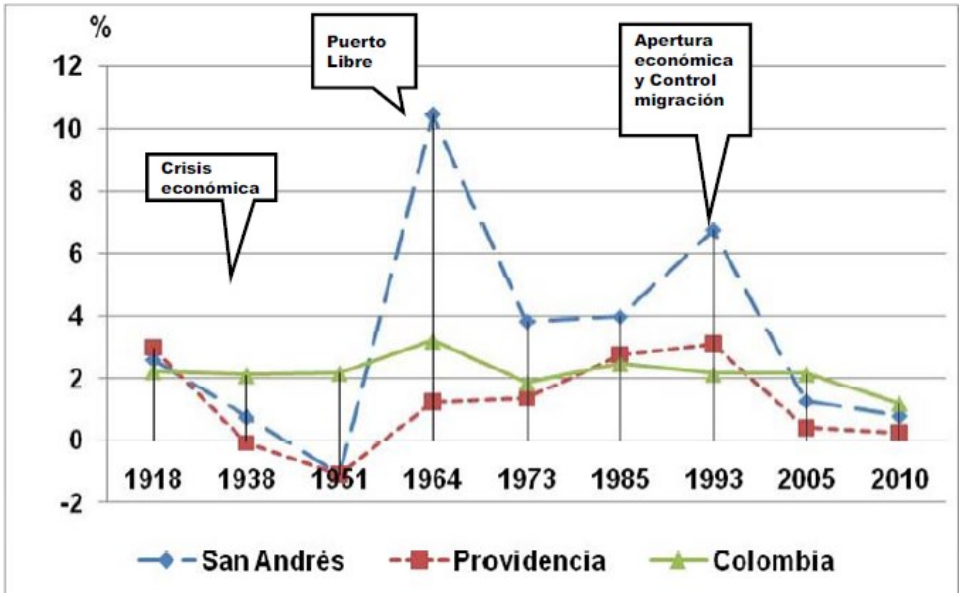


Figura 128. Tasa de crecimiento poblacional San Andrés y Providencia (Aguilera, 2010).

2.5.3.2. Condiciones de vida

Las condiciones de vida se refieren a la forma en que las personas interactúan y desarrollan su existencia, que está relacionada con particularidades del individuo físicas y humanas en la dotación de recursos, y por el medio en donde el individuo desarrolla su vida, que cambia según el capital colectivo que tenga el grupo social al que pertenece. A continuación se presentan un grupo de características que buscan definir las condiciones de vida de la población en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, enfocadas a describir esos capitales que permean las condiciones de vida y que inciden en el nivel de vulnerabilidad de esta población, a partir de esta información se construye el indicador de sensibilidad social de la población.

Características de la vivienda y servicios básicos

En el caso de las viviendas tipo cuarto u otro, es muy importante su análisis puesto que estas viviendas están relacionadas con viviendas deficitarias (Sardi, 2007), incluye también las personas que duermen en carpas, barco, refugio natural, etc. Así, viviendas en la categoría de tipo cuarto u otros pueden sufrir un mayor impacto por los eventos asociados al cambio climático; en el caso del departamento se observa que el 10,4% de las viviendas son de este tipo, sin embargo en San Andrés se presenta el mayor número y porcentaje de viviendas tipo cuarto u otros, principalmente se observa que es en la cabecera municipal en donde se encuentra el mayor número (13%), 6,5% en los centro poblados y 6,8% en el área rural dispersa, lo que nos muestra que las viviendas precarias se presentan con mayor incidencia en la cabecera. Para Providencia se presenta un menor número de viviendas de este tipo, el 1,8% para la cabecera, 2,4% en los centros poblados y en el área rural dispersa no se presenta viviendas precarias u otras, lo que nos muestra que en términos de viviendas para Providencia se presentan mejores condiciones para las áreas rurales dispersas (Tabla 30).

Condiciones de la vivienda

En el departamento se presenta una cobertura de acueducto del 47,7%, y el alcantarillado alcanza el 12% de cobertura en las viviendas. La cobertura de acueducto es mayor a la del servicio del alcantarillado para las islas. Para el caso de San Andrés la cobertura de alcantarillado para la cabecera alcanza el 16,4% y desmejora en las áreas rurales dispersas (3,8%) y en los centros poblados (1,4%), sin embargo, para el acueducto, se tiene que la cobertura en los centros poblados (76,4%) es mayor a la de la cabecera municipal (40,9%) mostrando una connotación diferente al servicio de alcantarillado. En Providencia y Santa Catalina la mayor cobertura en alcantarillado se presenta en los centros poblados (7,4%) por encima de la cabecera que alcanza solo el 2,4%, la cobertura del acueducto es mayor en Providencia y Santa Catalina (73,1%) en comparación a San Andrés, en Providencia y Santa Catalina el acueducto tiene mayor cobertura en la cabecera municipal (81,6%) (Tabla 30). En síntesis para la cobertura de servicios públicos, la situación más crítica se presenta para el alcantarillado, lo que puede llevar a que la población tenga mayores impactos por el aumento del nivel del mar, por los efectos secundarios de las inundaciones, tales como la contaminación y la propagación de enfermedades (DANE, 2005).

Tabla 30. Cobertura de alcantarillado y acueducto, y porcentaje de vivienda tipo cuarto u otro. Fuente: cálculos basados en DANE (2005).

Municipio	Área	Cobertura en		Porcentaje vivienda tipo cuarto u otro
		Alcantarillado	Acueducto	
San Andrés	Cabecera	16,4	40,9	13,0
	C. poblados	1,4	76,4	6,5
	Rural disperso	3,8	39,5	6,8
	Total	12,6	45,5	11,2
Providencia y Santa Catalina	Cabecera	2,4	81,6	1,8
	C. poblados	7,4	67,3	2,4
	Rural disperso	4,0	66,7	0,0
	Total	5,2	73,1	2,0
Departamento	Total	12,0	47,7	10,4

La densidad de viviendas es un indicador que nos permite conocer el número de infraestructura habitacional que se encuentra en un lugar específico, las cuales son mayores en las cabeceras municipales, en donde se observa para el caso de San Andrés una densidad de 19,66 viviendas por cada hectárea, que disminuye significativamente para el caso de las otras áreas diferentes a la cabecera municipal hasta 1,53. Para Providencia y Santa Catalina podemos observar que la densidad de vivienda es mucho menor a San Andrés (2,81 viviendas por hectárea en la cabecera municipal) y para áreas distintas a las cabeceras municipales alcanza menos de una vivienda por hectárea (0,55 viviendas por hectáreas) (Tabla 31). La densidad de viviendas aumenta los niveles de sensibilidad de las áreas, un mayor número de viviendas en un lugar que puede ser afectado por un evento climático, puede ocasionar mayores pérdidas.

Tabla 31. Densidad de vivienda. Cálculos basados en DANE (2005).

Municipio	Lugar	Área (hectáreas)	Viviendas	Densidad de viviendas
San Andrés	Cabecera	540,93	10633	19,66
	Otras	1493,93	2291	1,53
	Total	2034,88	12924	6,35
Providencia y Santa Catalina	Cabecera	175,79	494	2,81
	Otras	1393,76	760	0,55
	Total	1569,55	1254	0,80

Capital humano individual:

El capital humano individual representa aquellas capacidades acumuladas por el individuo para poder acceder a mejores oportunidades laborales, estos indicadores son incluidos en el análisis de la sensibilidad social puesto que permean la capacidad de los hogares para afrontar los impactos del cambio climático, por una parte se analiza la tasa de desescolarización del jefe de hogar que presenta el stock de capital humano actual del hogar, y por otra parte se analiza la tasa de desescolarización[11] de los niños y jóvenes entre 5 a 17 años que muestra el capital humano que se encuentra en formación, mayor capital humano representa mayores capacidades para la generación de ingresos que facilitan la adaptación a posibles consecuencias del cambio climático. De este modo, se puede observar que en el departamento existe un alto grado de educación promedio (9,29 años), el que de manera general es mayor para San Andrés con 9,34 años promedio. En el caso de Providencia y Santa Catalina se presenta más de un año de diferencia entre la escolaridad de los jefes de hogar de la cabecera (9,94 años) en comparación con los centros poblados (8,19) y las áreas rurales dispersas (5,67), para este caso las diferencias entre lo rural y urbano son significativas. La tasa de desescolarización es mayor en Providencia (total 13,48%), esta característica se presenta principalmente en los centros poblados en donde la desescolarización alcanza el 16.58% de los niños y jóvenes (entre 5 a 17 años) que no asisten a la escuela. De esta forma, en materia de capital humano podemos observar que en cuanto a los años de educación de los jefes de hogar se encuentran condiciones similares para San Andrés, Providencia y Santa Catalina, sin embargo en materia de desescolarización, Providencia y Santa Catalina, presentan la mayor tasa de desescolarización, lo que los puede ubicar en mayores condiciones de sensibilidad social actualmente y en escenarios futuros (Tabla 32).

Otro indicador importante relacionado con las oportunidades de la fuerza de trabajo, es la tasa de ocupación, que para el caso del departamento alcanza el 63,7% para el año 2012, lo que representa un total de 26 mil personas ubicadas laboralmente, de éstas, 4 mil se encuentran en situación de subempleo (DANE - Banco de la República, 2012), la ocupación es mayor en las cabeceras municipales en comparación con el resto del territorio del municipio, señalando que en términos de empleo, las áreas rurales pueden presentar una mayor sensibilidad.

[11]Número de personas que asisten a la escuela entre 5 a 17 años entre el número total de personas entre 5 a 17 años.

Tabla 32. Tasa de desescolarización (5 a 17 años) y años de educación promedio del jefe de hogar. Fuente: Cálculos basados en la información del censo DANE (2005).

Municipio	Lugar	Tasa de desescolarización (5-17 años)	Años de educación jefe de hogar
San Andrés	Cabecera	7,10	9,33
	C. poblados	8,12	9,34
	Rural disperso	5,64	9,44
	Total	7,04	9,34
Providencia y Santa Catalina	Cabecera	10,04	9,94
	C. poblados	16,58	8,19
	Rural disperso	10,81	5,67
	Total	13,48	8,74
Departamento	Total	7,48	9,29

Dotación de los servicios públicos y recursos colectivos

El abastecimiento de agua en el departamento se hace por fuentes de agua subterránea, aguas marinas y aguas lluvias. La isla de San Andrés cuenta con dos sistemas de tratamiento de agua; un sistema compuesto por un conjunto de 17 pozos subterráneos, de los cuales solo operan 13 pozos en el 2010, el otro sistema parte del principio de la desalinización a través del proceso de osmosis inversa con capacidad para la producción de 50 l.p.s. en el 2013 (litros por segundo), esta agua es utilizada para abastecer la zona urbana. En el alcantarillado en Providencia y Santa Catalina, el 84,7% de las viviendas de las viviendas utilizan pozo séptico de estas el 37,2% de los pozos se encuentran el mal estado y el 5,6% tienen descarga al mar, así como el 15,3% de las viviendas no poseen pozos ni tratamiento de las aguas residuales (MADS, 2010), para el caso de Providencia, la isla cuenta con corrientes de agua dulce, y con un embalse en el sector de Fresh Water Bay (UNODC, 2010)**.**

El sistema de alcantarillado presenta falencias en su capacidad hidráulica. Hay taponamientos en los colectores que provocan reboses de las alcantarillas, por causa de un inadecuado manejo del sistema pluvial y la falta de trampas de grasa y desarenadores en los productores principales de la red. En la isla de San Andrés existe el relleno sanitario Magic Garden para la disposición de residuos sólidos, y en el municipio de Providencia y Santa Catalina existe el relleno sanitario Blue Lizard; en general el departamento producía para el 2010 aproximadamente 53,5 ton / día de residuos sólidos ordinarios, los cuales se disponían en el relleno sanitario, una producción promedio de 50 ton /día en San Andrés y de 3,5 ton/día en Providencia (MADS, 2010)**.**

Frente a este escenario planteado por MADS (2010) se realiza el Plan para afrontar esta problemática, en el cual se plasman las inversiones relacionadas con mejorar las condiciones de estos servicios. En el Plan de Inversiones del Plan Departamental Para el Manejo Empresarial de los Servicios de agua y Saneamiento de San Andrés, se observa que el rubro más importante es la inversión en infraestructura que significa el 83,4% de la inversión total.

Tabla 33. Inversiones del Plan Departamental Para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento San Andrés (*millones de pesos) 2010.

Componente	Total*	%
Aseguramiento de la prestación del servicio	1410	3,6
Inversión en infraestructura	32884	83,4
Provisiones	5146	13,0

Fuente: Unidad de Servicios Públicos Departamental – Cálculos viceministerio de agua y saneamiento, tomado de Plan Departamental Para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento San Andrés

Salud

Se espera que el cambio climático lleve a la transformación de las condiciones ambientales y ecológicas que consolidaran un entorno propicio para la propagación de importantes enfermedades infecciosas y de transmisión por vectores, que afectarán las condiciones de vida de la población (OMS, 2011). El Departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalinapuede tener impactos en las condiciones de salud de la población, que debido a las características geográficas de área insular pueden resultar de mayor magnitud.

Según OMS (2011), algunos impactos del cambio climático sobre la salud se manifiestan en muertes, incremento de las hospitalizaciones por enfermedades cardiovasculares, eventos de diarrea, incidencia y aumento de casos de malaria, leishmaniasis y dengue, desnutrición y aumento de enfermedades infecciosas.

Para el caso del departamento, existen riesgos de transmisión de enfermedades de origen vectorial y zoonótico, como el dengue, malaria, chagas, fiebre amarilla, leptospirosis, cisticercosis, rabia humana y toxoplamosis, entre otras, esta situación se presenta como efecto a factores de riesgo antrópicos y ambientales, tales como, deficiencias en el manejo y disposición de residuos sólidos, residuos líquidos, excretas, manejo y protección de agua y alimentos, y condiciones sanitarias inadecuadas que favorecen la proliferación de mosquitos y roedores (Alcaldía de San Andrés, 2012).

Los factores de riesgo presentados anteriormente pueden aumentar su incidencia frente a los cambios del clima, ocasionando el aumento de las enfermedades y haciendo más crítica la situación, algunas de estas enfermedades, las transmitidas principalmente por vectores como el dengue y la malaria se observan actualmente. El índice por *Plasmodium vivax* (parasito de la malaria) alcanza la cifra de 2.7% en el año 2011, mientras en el año 2010 no se presentaron casos, el dengue presenta un aumento significativo en su incidencia entre el año 2010 y 2011 al pasar de 32,7 a 266 casos, lo que significa 22 casos de dengue para el 2010, sin embargo, los casos de dengue grave disminuyeron entre el año 2010 – 2011, pasando del 50% al 0,37% (Tabla 34).

Tabla 34. Enfermedades Transmisibles y Zoonosis del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Años 2010-2011.

Componente Enfermedades Transmisibles y Zoonosis	2010	2011
Índice por *Plasmodium vivax* anual (IVA)	0%	2.7%
Incidencia de dengue	32.7	266
Proporción de casos de dengue grave	50%	0.37%

Fuente: Alcaldía San Andrés (2012)

Algunas de las enfermedades asociadas al cambio climático son transmitidas por problemas en el suministro y la calidad del agua afectada muchas veces por las inundaciones, el índice de riesgo de calidad del agua, que permite medir el grado de riesgo u ocurrencia de enfermedades relacionadas con el cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de consumo humano, nos permite observar que en el departamento el agua alcanza un valor en el indicador de 3% en el 2010 lo que significa que el agua no presenta riesgo y que el agua es apta para el consumo (Alcaldía San Andrés, 2012), esta situación inicial, señala una buena calidad del agua, pero que ante los efectos del cambio climático puede resultar impactada.

2.5.3.3. Características económicas

Agregados económicos

El producto interno bruto (PIB) para el departamento de SAP fue de $868 miles de millones en el 2011, con un crecimiento del 5,6% respecto al año 2010, que representa el 0.1% del PIB nacional (DANE - Banco de la República, 2012). Por grandes ramas de actividad la que representa los mayores aportes son: comercio, reparación, restaurantes y hoteles, con el 39,3% del PIB de SAP, seguido por las actividades de servicios sociales, comunales y personales con el 24%, en donde se encuentra la rama de administración pública y defensa; seguridad social de afiliación obligatoria, y los servicios de salud y educación. Otras de las actividades importantes son el transporte, almacenamiento y comunicacionescon el 10,8%, seguidas por los establecimientos financieros, seguros, actividades inmobiliarias y servicios a las empresas con el 9,6% (Tabla 35).

Tabla 35. Porcentaje del PIB por grandes ramas de actividad 2011.

Grandes ramas actividad	Porcentaje del PIB año 2011
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	1,4
Explotación de minas y canteras	0,2
Industria manufacturera	1,6
Electricidad, gas y agua	4,7
Construcción	2,3
Comercio, reparación, restaurantes y hoteles	39,3
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	10,8
Establecimientos financieros, seguros, actividades inmobiliarias y servicios a las empresas	9,6
Actividades de servicios sociales, comunales y personales	24,0
Derechos e impuestos	6,1

Fuente: DANE – Banco de la República (2012)

El PIB del departamento ha presentado en términos absolutos el incremento desde el año 2000, sin embargo, el crecimiento ha mantenido una tendencia cíclica con una alta variación en el año 2002, 2004, 2007 y 2009, en estos periodos el PIB presentó incrementos superiores al nacional, sin embargo, en el año 2001 y 2003 se presentó un crecimiento negativo (DANE - Banco de la República, 2012), esta característica señala el aumento de la producción nacional en estos años.

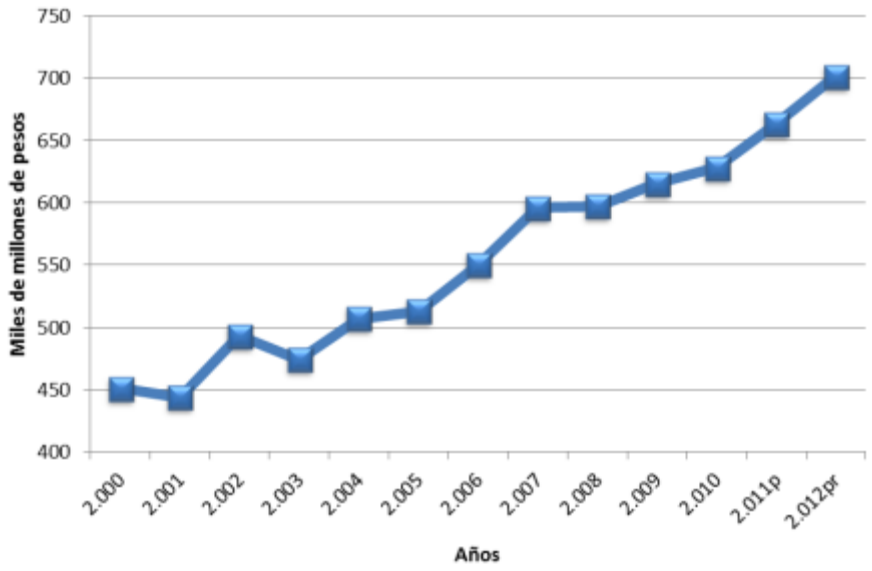


Figura 129. PIB del departamento a precios constantes del 2005 SAI 2000 – 2012 (DANE (2009) pr: preliminar).

De este modo, podemos observar que las actividades más importantes en términos económicos son las relacionadas con el "comercio, la reparación y los restaurantes y hoteles", de esta gran rama de actividad, la más importante por el peso en el PIB departamental son los "hoteles, restaurantes, bares y similares" que alcanza el 23,5% del PIB departamental, el "comercio" representa el 15%, la ´"administración pública y defensa; seguridad social de afiliación obligatoria" el 13,7%, finalmente, aunque no con alta participación porcentual en el PIB departamental, solo el 1%, las actividades de pesca, producción de peces en criaderos de granjas piscícolas; actividades de servicios relacionados con la pesca", que es relacionada por la importancia que representa para este territorio (Tabla 36). A modo de síntesis, por grandes agregados económicos, las actividades más importantes están relacionadas con la actividad turística que se desarrolla en el departamento, sector que puede presentar alta afectación por el aumento del nivel del mar, si se tiene en cuenta que el turismo desarrollado en el departamento es principalmente de sol y playa.

Tabla 36. Ramas de actividad específicas con mayor importancia 2011.

Ramas de actividad más importantes	Miles de millones de pesos	
	PIB 2011 a precios constantes del 2005	Participación porcentual
Hoteles, restaurantes, bares y similares	142	23,5
Comercio	115	15,0
Administración pública y defensa; seguridad social de afiliación obligatoria	86	13,7
Pesca, producción de peces en criaderos de granjas piscícolas; actividades de servicios relacionados con la pesca	8	1,0

Fuente: DANE – Banco de la República (2012)

Sectores económicos

El turismo presenta la mayor participación porcentual en el PIB departamental, seguido por el comercio, estas actividades son analizadas específicamente a continuación. También son analizadas las actividades de pesca, que aunque menos representativas en el aporte al PIB departamental, representan alta importancia por la partición de un gran número de la población de esta actividad, de igual forma, las actividades agrícolas aunque no son importantes en términos de valor agregado en el departamento, son analizadas por la importancia que representan para la seguridad alimentaria y el bienestar de la sociedad.

Turismo y Comercio

El turismo es la actividad más importante, no solo por el aporte al PIB, también representa junto al comercio la actividad en donde se encuentra ocupada el mayor número de pobladores, estas dos actividades agrupan el 32,5% de la población en edad para trabajar (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2013). De acuerdo con COTELCO en el 2012, San Andrés fue la ciudad con el mayor nivel de ocupación hotelera del país, con un 63,3% de ocupación, lo que significó el 7,5% de crecimiento con respecto al año 2011. El número de turistas que arribaron al departamento fue de 629.072 en el 2012, de los cuales el 86% fueron nacionales, el incremento en el número de turistas nacionales fue de 19,7% con respecto al 2011, y el incremento de los extranjeros fue de 14%, lo que representa la consolidación y mejores condiciones para el turismo en el departamento (DANE - Banco de la República, 2012).

El aumento del turismo está marcado por la temporada, los meses de mayor afluencia son finalizando e iniciando año (entre diciembre y febrero) con otro pico de afluencia moderado para mitad de año (junio – julio), resulta considerable el alto nivel de turistas que arribaron al departamento en Febrero del 2012, superando el máximo de turistas recibido en todos los meses del año 2011 y 2012 (Figura 130).

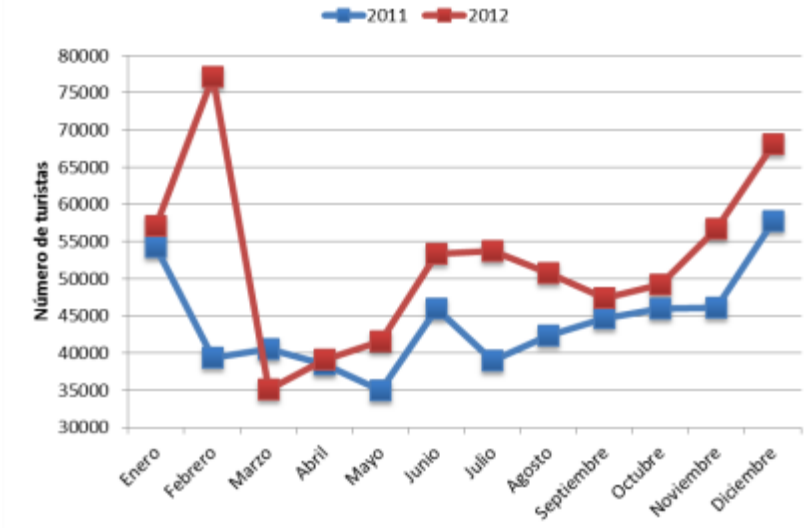


Figura 130. Número de turistas mensuales del departamento SAI 2011 – 2012 (fuente: DANE – Banco de la República, 2012).

La dinámica del turismo permite observar un incremento prolongado del PIB de los hoteles, restaurantes y bares, solo en el año 2003 se presenta la disminución del PIB de esta actividad, permitiendo destacar el aumento de turistas en el departamento, así como el valor agregado generado. El comercio presenta una situación cíclica, observando un incremento considerable para el año 2003 y 2008, así como una disminución en el año 2001 y 2005, sin embargo, desde el año 2009 se presenta el incremento prolongado, que lleva a que en el año 2012 el PIB del Comercio sea de 115 mil millones de pesos (Figura 131).

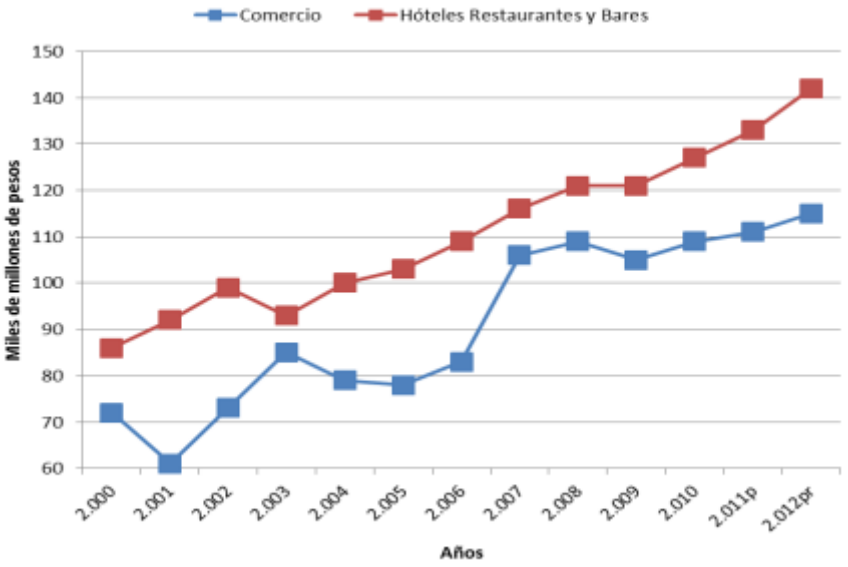


Figura 131. PIB departamental a precios constantes del 2005 de la actividad Comercio y Hoteles, Restaurantes y Bares 2000 – 2012 (Fuente: DANE (2009). pr: preliminar).

En el departamento se consolidan atractivos turísticos que han logrado posicionar a este destino como uno de los de mayor importancia, a nivel nacional este es el quinto sitio predilecto por los turistas extranjeros. Dentro del área se encuentra el Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon (PNN OPMBL) que hace parte de la Reserva de la Biosfera Seaflower, y el área marina protegida SeaFlower. En el departamento existe una riqueza marina que ha logrado la atracción de un número cada vez mayor de turistas, Cruz y Márquez (2011) señala la alta valoración que tienen los turistas por los servicios recreacionales que ofrece la diversidad marina del archipiélago; para las actividades de buceo estima que todos los turistas están dispuestos a pagar individualmente entre 10 y 20 dólares por la protección de los arrecifes de coral, y en la actividad de snorkeling se estima un ingreso promedio anual de cada tienda que ofrece este servicio entre $60.750.000 y $81.000.000 (Cruz & Márquez, 2011).

El número de visitas al PNN OPMBL entre el año 2001 – 2012 presenta un incremento en el último periodo, el máximo de visitas se alcanzó en el año 2007 cuando las visitas estuvieron por encima de las 10.000, desde ese año el número de visitas se ha mantenido por encima de las 8.000, y en el año 2012 alcanzo las 9.979 visitas, presentando un aumento de 4,96% con respecto al año 2011, teniendo en cuenta que el cobro por entrada al parque es de $8.500 para los nacionales y de US$14 para los extranjeros, esto representa ingresos iguales o superiores a los $84.821.500 por concepto de entradas (Figura 132).

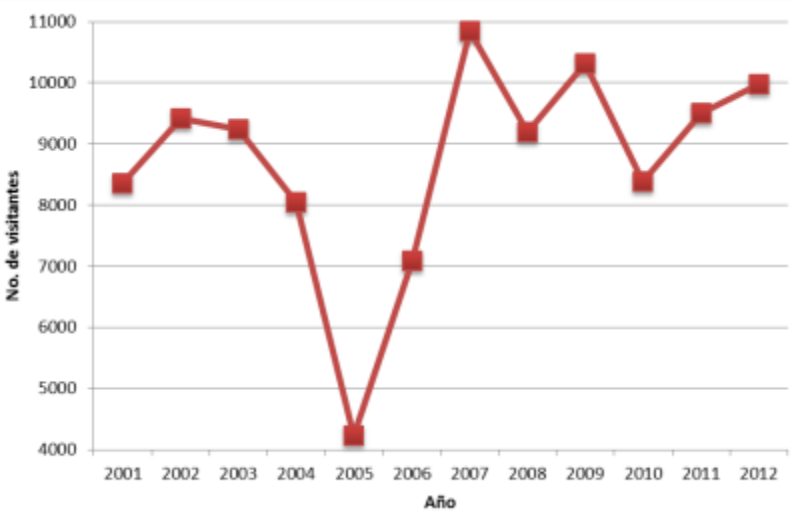


Figura 132. Número de visitantes anuales del PNN Old Providence Mc Bean Lagoon 2001 – 2012 (PNN OPMBL, 2012).

En materia de adaptación al cambio climático es necesario entender y tener en cuenta el tamaño y estacionalidad de esta población flotante, el número de turistas en un año es comparable a la población de una ciudad intermedia, lo que representa la satisfacción de las necesidades de este grupo poblacional, en cuanto al suministro de agua, energía eléctrica, disposición de basuras, entre otras, y que aumentan en las temporadas de mayores visitas, esto representa que en estos meses tanto las actividades económicas relacionadas con el turismo, como este grupo poblacional, pueden presentar un mayor impacto.

Pesca

La pesca para el año 2012 según DANE (2012) representa el 1,14% del PIB departamental. Para el año 2012, el PIB de pesca y caza ha presentado un aumento significativo desde el año 2002, cuando la cifra alcanzaba los 4 mil millones de pesos, el aporte más significativo para el PIB se presentó en el año 2008 cuando alcanzó los 9 mil millones de pesos, desde el año 2009 hasta el 2012 la cifra se mantuvo en 8 mil millones (Figura 133).

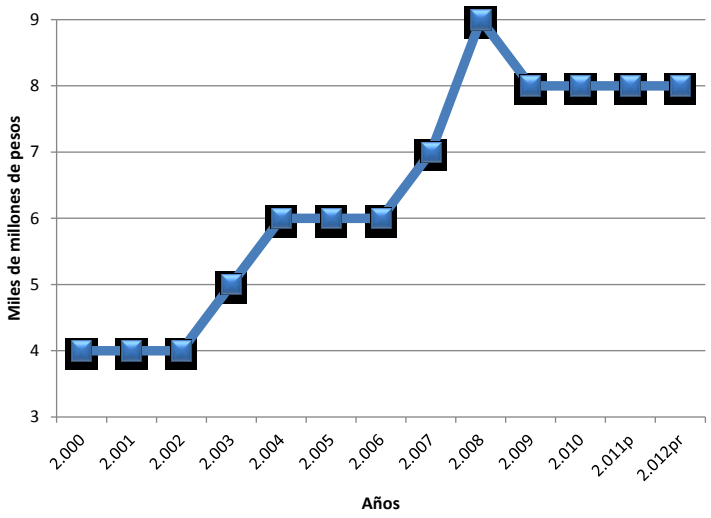


Figura 133. Cuenta departamental SAI de pesca, producción de peces en criaderos y granjas piscícolas; actividades de servicios de actividades relacionados con la pesca 2000 – 2012 a precios constantes del 2005 (Fuente: DANE - Banco de la República, 2012).

Aunque la participación de la pesca en el PIB es baja comparada con otras actividades como el turismo y el comercio , es una actividad que presenta gran importancia por los aportes que genera a la población local, la pesca se ha practicado de manera tradicional por muchos años, y se ha transmitido de generación a generación, es uno de los principales medios de subsistencia de muchas familias, la pesca industrial que se realiza en la isla ha agotado los recursos pesqueros según los pobladores y esto ha dificultado su modo de vida y la dotación de alimentos (Connolly, 2001). Los recursos pesqueros además de su importancia en la cultura, representan la principal fuente de proteína del archipiélago (UNODC, 2010).

Desde el año 2013 con el fallo de la Haya los pescadores artesanales e industriales han visto diezmadas las áreas en donde encontraban gran parte de su pesca y con ello el número de capturas, limitando las capacidades para mejorar sus condiciones de vida, para lo cual el gobierno nacional ha suministrado un grupo de ayudas y subsidios a pescadores para afrontar la crisis.

Dentro del departamento se encuentra el Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon, específicamente en el municipio de Providencia y Santa Catalina, el cual presenta un aprovechamiento para las actividades de pesca, dentro de este se realizan básicamente tres tipos de pesca de acuerdo a su finalidad: pesca de subsistencia, pesca artesanal comercial y pesca deportiva, la última no cuenta con información y se encuentra prohibida por normativas del parque. De igual forma se practican cuatro artes de pesca: la línea de mano, arpón – gancho, nasa y atarraya (Ward, Santiago, & Cano, 2009), el buceo mixto es el arte que se practica por el mayor grupo de población (el 48,9%), seguido por la línea de mano desde la superficie con el 34,9%, y la línea de mano chub y nasas con el 8.1% cada una (Tabla 37), la gran mayoría de estos pescadores son hombres (91,1%) característica asociada a la cultura en la división del trabajo (PNN OPMBL, 2006).

Tabla 37. Número y porcentaje de pescadores registrados por arte de pesca en el PNN OPMBL 2006 (Fuente: PNN OPMBL, 2006).

Arte de pesca	Total pescadores	%
Buceo mixto	24	48,9
Línea de mano superficie	17	34,9
Línea de mano chub	4	8,1
Nasas	4	8,1

La mayoría de pescadores no cuenta con embarcación para realizar sus faenas, y eso influye en las ganancias recibidas de su actividad, de igual forma existen diferencias en las ganancias recibidas para los pescadores que realizan sus actividades dentro y fuera del parque, de este modo, podemos observar que las artes de pesca que generan mayores ingresos para los pescadores son en orden de ganancias, la línea de mano Chub, el buceo, la línea de mano MS, estas tres representan una mayor ganancia para los pescadores que realizan sus faenas fuera del área del parque, por el contrario los pescadores que utilizan la nasa dentro del parque tienen mayor ganancia a los que la utilizan por fuera (Figura 134).

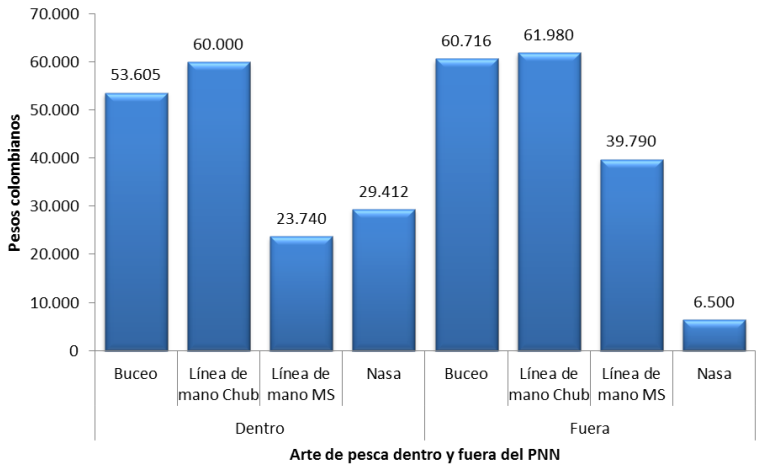


Figura 134. Ganancia promedio obtenida por pescador durante una faena, dentro y fuera del parque de acuerdo al arte de pesca empleado 2006 (fuente: PNN OPMBL, 2006).

Para entender las dimensiones de la pesca para el municipio de Providencia y Santa Catalina, esta genera 49 empleos directos (año 2006) de los que dependen 105 personas, y en empleos indirectos se benefician los relacionados con la cadena comercial, que son directamente 15 personas, de este modo podemos entender que la actividad pesquera es la segunda actividad económica de importancia, después del turismo (PNN OPMBL, 2006).

En el contexto de los cambios del clima la actividad pesquera puede sufrir grandes impactos producto del calentamiento del mar, la degradación de los corales y con ello, la disminución de los peces y las capturas, por otra parte, los eventos extremos, el aumento del nivel del mar y las inundaciones pueden ocasionar la destrucción total o parcial de los puertos de embarque y desembarque de pescado, que se encuentran en zonas expuestas. Para Providencia y Santa

Catalina los sitios de desembarco se encuentran ubicados en las franjas costeras y en los asentamientos de los alrededores de las vías de Mountain y Rocky Point (Ward, Santiago, & Cano, 2009). Frente a los riesgos de eventos extremos la población dedicada a la actividad de pesca, no presenta equipos de radiocomunicación, dificultando la comunicación para las alertas tempranas (UNODC, 2010).

Agrícola

Las actividades agrícolas presentan poca participación en el PIB departamental, de hecho los productos agrícolas no realizaron aportes al PIB entre los años 2000 – 2012. Sin embargo, las actividades de este sector presentan gran importancia en términos de la seguridad alimentaria, puesto que las actividades de este tipo están relacionadas con el suministro de alimentos dentro de la isla, principalmente cultivos de subsistencia con bajo uso de tecnología.

Las personas que se dedican a la actividad agrícola, presentan en su mayoría diversidad de cultivos en su territorio, con poca infraestructura de riego y sin la utilización de algún tipo de mecanización para el manejo de sus productos y alargar su vida útil, por lo que existe la necesidad de vender los productos rápidamente para que no se deterioren. La mayor parte de los cultivos tienden a ser de subsistencia o autoconsumo, buscando la seguridad alimentaria más que ingresos adicionales, son áreas de siembra pequeñas manejadas de manera artesanal, el déficit de agua principalmente en la isla de San Andrés, presenta un problema para el riego la mayor parte del año, limitando la producción agrícola (UNODC, 2010).

El mayor número de hectáreas de cultivo en la isla de San Andrés se presentan en el sector circunvalar (21,6% de las áreas de cultivo), seguido por Elsy Bar (18,5%) y Bowie Bay con 16,7% (Tabla 38). El cultivo que representa mayor importancia en términos del área utilizada es la yuca, que equivale al 58% de las tierras cultivables de la isla, seguido por la Batata con el 14%, el Plátano con 7%, la patilla y el pepino con el 5%, la Mafafa, caña de azúcar, la Berenjena, la Papaya y el maíz representan menos del 5% (Figura 135).

Tabla 38. Área (ha) cultivadas en la isla de San Andrés.

Sector	Área (ha)	%
Circunvalar	0,98	21,6
Elsy Bar	0,84	18,5
South End	0,76	16,7
Hoyo Soplador	0,74	16,3
Bowie Bay	0,78	17,2
Loma Cove	0,25	5,4
Flowers Hill	0,19	4,2
Boobie Rock	0,1	2,2
Cat Bay Point	0,09	1,9
Cove	0,06	1,2
San Luis	0,05	1,1
Cedar Point	0,04	1,9
Fisher Rock	0,04	0,8

Fuente: Corporación Colombia Internacional (CCI) (2012).

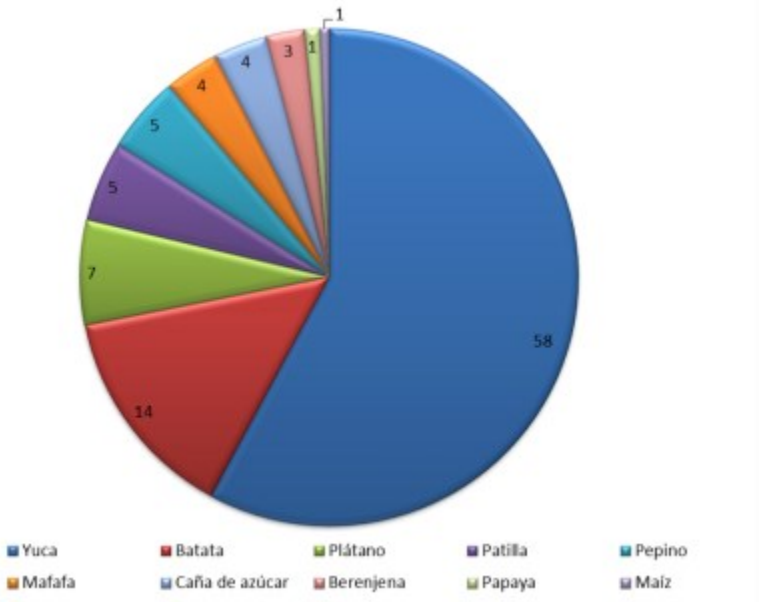


Figura 135. Porcentaje de área total sembrada en San Andrés (Corporación Colombia Internacional -CCI, 2012).

Pecuario

En el sector pecuario se registraron por parte de CCI (2012) para la isla de San Andrés 43 productores, predominando principalmente un mayor número de personas en la cría de cerdos (27 productores), seguido de ganado bovino. De igual forma se realizan actividades avícolas, en donde se concentra el mayor número de animales, sigue en el orden de productores la actividad de cría de caballos que alcanza 2 productores, y finalmente un productor en la cría de ganadería caprina (Figura 136).

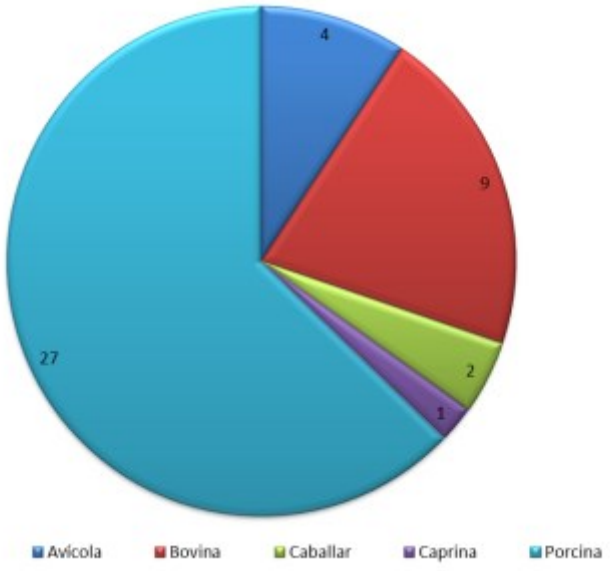


Figura 136. Número de productores por actividad pecuaria 2012 (Corporación Colombia Internacional -CCI, 2012).

2.5.3.4. Usos del suelo

Más del 40% del área de estudio representan zonas en las que no se realizan actividades sociales o económicas, son zonas sin uso aparente, para San Andrés con un 39,6% con esta denominación, y en Providencia el 36,2%. El uso habitacional, representa el segundo en importancia en toda el área de estudio (19,2%), se observa que en San Andrés el porcentaje es 19,5%, mayor a Providencia y Santa Catalina con 18,1%, esta situación se presenta teniendo en cuenta las diferencia en las dimensiones urbanas de cada sector (ver Tabla 39).

La conservación es el tercer uso de importancia para el área de estudio, estas son áreas cuyo propósito es la conservación y la preservación de las especies vegetales y animales, los hábitats, etnoculturales y de turismo, los parques nacionales, reservas forestales, reservas naturales, santuarios de fauna y flora, zonas de protección, distritos de manejo integrado y zonas de amortiguamiento especial, estas alcanzan el 15,9%, sin embargo existe una alta diferencia entre San Andrés con Providencia y Santa Catalina, puesto que en el segundo se observa una gran parte del territorio (29,8%) en conservación, mientras en San Andrés alcanza solo el 13,0%, condición que se presenta por la característica de mayor ruralidad, mayor cantidad de zonas de reserva y menor degradación de los recursos naturales (ver Tabla 39).

Las áreas de uso turístico completan el 4,5% del territorio de análisis, se observa una mayor participación porcentual en la isla de San Andrés en comparación a Providencia y Santa Catalina, en el primero se agrupa el 5,0% del territorio, mientras en el segundo el 2,0%, aunque en el área utilizada de manera directa presenta baja representatividad, esta es una actividad que genera altos aportes al PIB departamental, señalando la posibilidad de aglomeración de espacios de uso turístico y que las otras zonas con otros usos pueden compartir el uso turístico, es decir que las áreas de conservación por ejemplo, pueden ser utilizadas simultáneamente para actividades de ecoturismo. El uso "turístico" junto al uso de "turismo y recreación" agrupa más del 8% del territorio, aumentando su participación (Tabla 39).

El uso agrícola mixto se presenta en el 5,5% del territorio del área de estudio, el cual tiene mayor participación porcentual en la isla de San Andrés en comparación a Providencia y Santa Catalina que solo alcanza el 1,2%, esto nos muestra que en Providencia y Santa Catalina sonmenores las actividades de este tipo que se desarrollan.

El uso comercial aunque no es representativo en términos de extensión geográfica, solo alcanza el 3,2% para toda el área de estudio, San Andrés presenta mayor representatividad del comercio (3,6%) en comparación con Santa Catalina que solo alcanza el 1,2%, lo que nos evidencia las características mayores aglomeraciones urbanas de la isla de San Andrés (Tabla 39).

Tabla 39. Porcentaje de territorio según uso del suelo para San Andrés, Providencia y total de la zona de estudio.

Uso	Providencia	San Andrés	Departamental
Sin uso aparente	36,2	39,6	39,0
Habitacional	18,1	19,5	19,2
Conservación	29,8	13,0	15,9
Agrícola mixto	1,2	6,4	5,5

Turístico	2,0	5,0	4,5
Transporte terrestre	3,0	4,6	4,3
Turístico y recreacional	5,3	3,1	3,4
Comercial	1,2	3,6	3,2
Portuario	0,2	1,9	1,6
Institucional	0,5	1,5	1,3
Transporte aéreo	0,4	1,4	1,2
Agrícola transitorio		0,4	0,3
Recreacional	1,8	0,0	0,3
Ganadero	0,2	0,1	0,1

Para la isla de San Andrés, la mayor parte de las actividades económicas y en donde se concentra la población es en el noreste de la isla, donde se presentan grandes áreas de uso habitacional, comercial y turístico, y donde se encuentra la mayor parte de la infraestructura necesaria para la realización de estas actividades, también se presenta la infraestructura portuaria en San Andrés Bay, esta característica señala que esta zona en el caso de ser afectada por algún evento climático es en donde recibiría los mayores impactos sociales la isla. En términos poblacionales se presentan otros centros poblados en el resto de la isla, principalmente en el este en el sector de Free Town, en donde se observa una gran concentración de asentamientos humanos, así como infraestructura hotelera. En el sur de la isla se concentran las pocas actividades agrícolas realizadas en la isla, que se subdividen en áreas de uso agrícola mixto y de uso transitorio. Resulta importante resaltar que las áreas de uso para la conservación se concentran principalmente en el Parque Regional de Mangle Old Point (en Old Point), que agrupa 57,69 ha. de la isla de San Andrés (Figura 137)

La mayor parte del uso del área de estudio de Providencia y Santa Catalina, después de los territorios sin uso aparente, son las áreas con el uso de conservación que alcanza las 40,62 ha., las cuales se concentran principalmente en el Parque Nacional Old Providence & Mc Been L., al noreste de la isla. La población se encuentra concentrada principalmente en el norte de Providencia en Black Sand Bay, sin embargo, se observan otros centros poblados en el sector de Bottom Grouns, en Southwest Bay, San Felipe, y en Santa Catalina en White Grass. El comercio de la isla se concentra en el sector Santa Isabel (Centro) y en Fresh Water Bay, en el último lugar se presentan las mayores áreas de uso turístico (Figura 138).

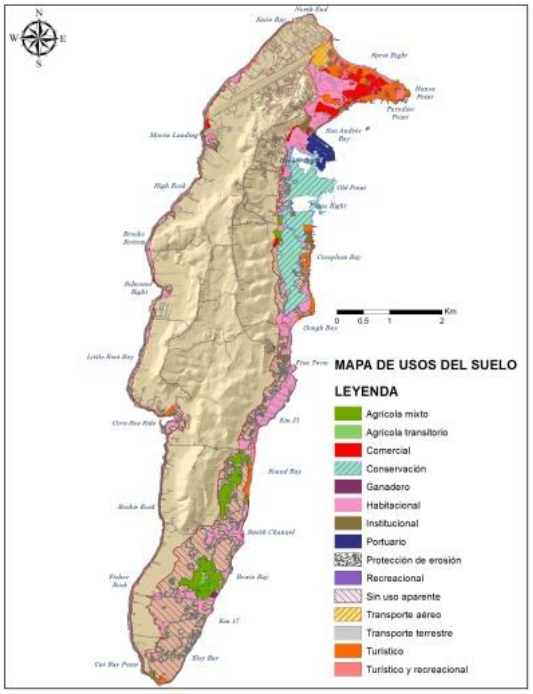


Figura 137. Mapa de uso del suelo en área de estudio de la isla de San Andrés.

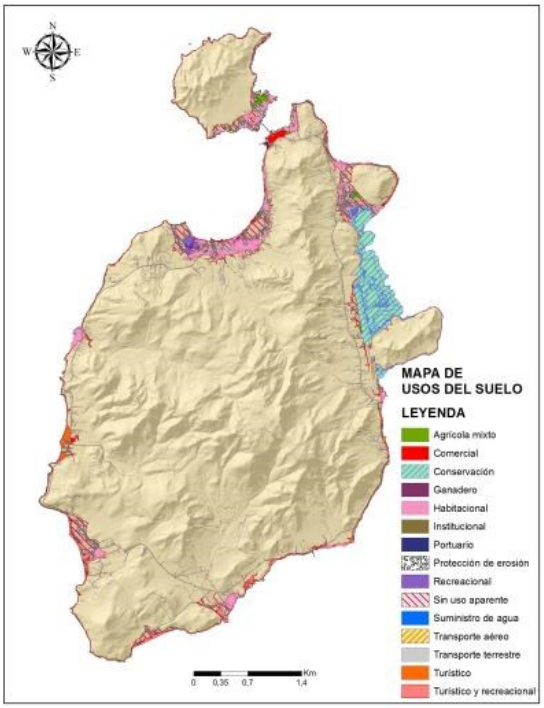


Figura 138. Mapa de uso del suelo en área de estudio de Providencia y Santa Catalina.

2.5.3.5. Sensibilidad social

La sensibilidad social es un indicador sintético que nos permite identificar las zonas en donde se encuentra la población con condiciones de vida precarias que llevan a que tengan una mayor predisposición a sufrir impactos negativos frente al cambio climático.

En términos de la sensibilidad social, podemos observar que en la isla de San Andrés (SA) existe un mayor número de población y de áreas con "muy alta" y "alta" sensibilidad comparado con Providencia y Santa Catalina (PSC), tanto en valores absolutos como en valores relativos, es decir, que hay un mayor número de población con este nivel de sensibilidad, e igualmente un mayor porcentaje de población con respecto a la población de la isla.

Con respecto a las áreas y los niveles de sensibilidad asociados, el 2,6% del territorio de SA se encuentra con una "muy alta" sensibilidad social, mientras el 35,3% presenta sensibilidad "alta", para el caso de PSC el porcentaje de áreas con sensibilidad "muy alta" solo alcanzan el 0,7%, no hay áreas con sensibilidad "alta", y el mayor porcentaje de áreas presentan sensibilidad media (59,8%) (Figura 139).

La población asentada en esas áreas y los niveles de sensibilidad, se puede observar que los porcentajes de población con sensibilidad "muy alta" y "alta" son mayores al porcentaje de áreas, situación que se presenta por que en las áreas en donde se presenta la mayor sensibilidad son precisamente lugares en donde existen altas densidades poblacionales, así se observa que en SA el 18,8% de la población presenta "muy alta" sensibilidad social, el 21,8% sensibilidad alta, de

manera agregada, el 40,6% de la población presenta sensibilidad "alta" o mayor, en el caso de PSC solo el 4,3% de la población presenta "muy alta sensibilidad" (Figura 139).

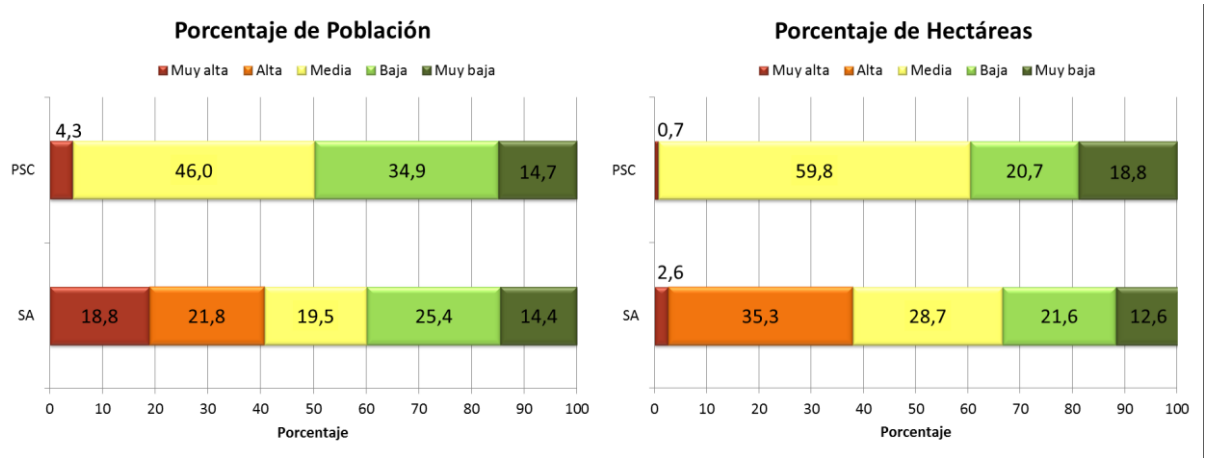


Figura 139. Sensibilidad social en término de área y de tamaño poblacional, San Andrés (SA) y Providencia y Santa Catalina (PSC).

Como ya se mencionó, los niveles de sensibilidad de la población están relacionados con las características de la población, y para este caso se analizaron las dimensiones del individuo, hogar y la vivienda que tienen que ver con sus condiciones de vida (metodología Figura 13); ahora es necesario conocer basado en estas variables, qué hace sensibles a esta poblaciones; para dar respuesta a esta pregunta se analizan los valores promedio de cada variable encontrados para cada una de las categorías de sensibilidad, y de este modo poder identificar características comunes que identifican a la población según el nivel de sensibilidad. A continuación se realiza este análisis por dimensiones.

Población y territorio: la densidad de vivienda no presenta un patrón específico con respecto al nivel de sensibilidad en todo el archipiélago, se observa que en caso de la isla de San Andrés la densidad de vivienda promedio mayor (97,6 viviendas por ha.) (Tabla 40) corresponde a la población con sensibilidad "baja", también en Providencia y Santa Catalina la densidad de vivienda promedio más alta se presenta en la sensibilidad "baja", esta característica de falta de patrón por parte de la sensibilidad de vivienda, nos muestra que no necesariamente en donde se encuentra la mayor aglomeración de viviendas se encuentra la población más sensible, y que esto depende del tipo de aglomeración, en donde existe aglomeración con población con alta precariedad aumenta la sensibilidad.

Capital Humano: esta dimensión nos permite observar que aquellos hogares en donde se tiene un menor capital humano, lleva a mayores niveles de sensibilidad; se observan tasas de desescolarización más altas en los lugares con mayor sensibilidad, también se observa que aquellos hogares en donde el jefe de hogar tiene más años promedio de escolaridad se disminuye la sensibilidad. De este modo, las viviendas con sensibilidad "alta" y "muy alta" presentan una tasa de desescolarización promedio igual o mayor a 8,2 para la isla de San Andrés, y para Providencia y Santa Catalina no se observa un patrón. En los años de escolaridad promedio del jefe de hogar, se observa que las áreas con "alta" y "muy alta" sensibilidad tienen 8,5 años de escolaridad o menos para San Andrés, para el caso de Providencia y Santa Catalina no se presenta un patrón (Tabla 40). El caso de Providencia y Santa Catalina se presenta porque existe mayor

heterogeneidad en la población de las áreas observadas, es decir, que en un mismo polígono se presenta alta variabilidad de las características de la población.

Calidad de la vivienda: en esta dimensión nos permite observar que la vivienda es un factor determinante de la sensibilidad de la población, aquellas viviendas que presentan mayor precariedad de igual forma presentarán mayores niveles de sensibilidad. Se observa una relación directa entre la sensibilidad y; las viviendas tipo cuarto, con las viviendas que no cuentan con alcantarillado y acueducto, es decir, que no contar con acueducto y alcantarillado, y además tener un mayor porcentaje de viviendas tipo cuarto aumenta las posibilidades de tener alta sensibilidad (Tabla 40).

Capacidad económica: nos presenta la capacidad del hogar para la generación de ingresos, la dependencia demográfica, y el tamaño promedio del hogar presentan una relación positiva con la sensibilidad, es decir, que a mayor dependencia demográfica y con hogares más grandes se aumenta la sensibilidad del polígono analizado, por otra parte, aquellos hogares con el menor porcentaje de ocupados presentan la sensibilidad más alta, en términos generales menor capacidad económica conlleva a mayores niveles de sensibilidad (Tabla 40).

Tabla 40. Promedio de las variables componentes de la sensibilidad social por grado de sensibilidad en San Andrés y, Providencia y Santa Catalina.

Dimensión		Población y territorio	Capital humano		Calidad de la vivienda			Capacidad económica		
Variables	Grado de sensibilidad	D.V.	T.D.	A.E.	% V.T.C.	% V.S.AL.	% V.S.AC.	D.D.	% O.	T.P.H.
San Andrés	Muy alta	80,5	9,2	7,8	14,0	94,5	87,8	64,5	37,7	4,5
	Alta	95,3	8,2	8,5	14,4	91,0	71,4	50,7	42,1	4,0
	Media	57,7	6,4	9,2	14,4	85,1	57,4	48,3	43,4	3,7
	Baja	97,6	6,8	9,4	9,7	82,4	43,3	39,3	47,5	3,7
	Muy baja	46,0	3,6	11,2	7,5	45,5	27,4	42,7	48,1	3,4
Providencia	Muy alta	3,2	11,3	10,7	0,0	100,0	34,3	119,3	27,0	5,2
	Alta									
	Media	2,0	16,9	8,4	1,1	94,5	32,9	47,6	27,6	3,1
	Baja	4,8	13,5	9,4	2,5	92,6	23,0	49,4	38,1	3,2
	Muy baja	4,5	3,2	7,9	2,8	73,3	7,9	26,6	43,3	2,6

D.V.: Densidad de vivienda por hectárea, T.D.: Tasa de desescolarización (%), A.E.: Años de escolaridad promedio del jefe de hogar, % V.T.C.: Porcentaje de vivienda tipo cuarto, % V.S.AL.: Porcentaje de viviendas sin alcantarillado, % V.S.A.C. Porcentaje de viviendas sin acueducto, D.D.: Dependencia demográfica, % O.: Porcentaje de ocupados, T.P.H.: Tamaño promedio del hogar.

En términos geográficos la sensibilidad "muy alta" se observa principalmente en el sector cercano al aeropuerto y algunos parches en el centro de la ciudad, la sensibilidad "alta" se observa de igual forma por las áreas aledañas al aeropuerto, en la zona de San Andrés Bay, Cocoplum Bay, Gouch Bay, Free Town, en el Km. 21, Sound Bay, Bowie Bay en el este, y en el oeste el sector de Boobie Rock y Brooks Bottom (Figura 140).

Para el caso de providencia la mayor parte del territorio presenta una sensibilidad social por debajo de media, y principalmente la zona que presenta una "muy alta" sensibilidad social se encuentra en el sector de la cabecera municipal (Figura 141).

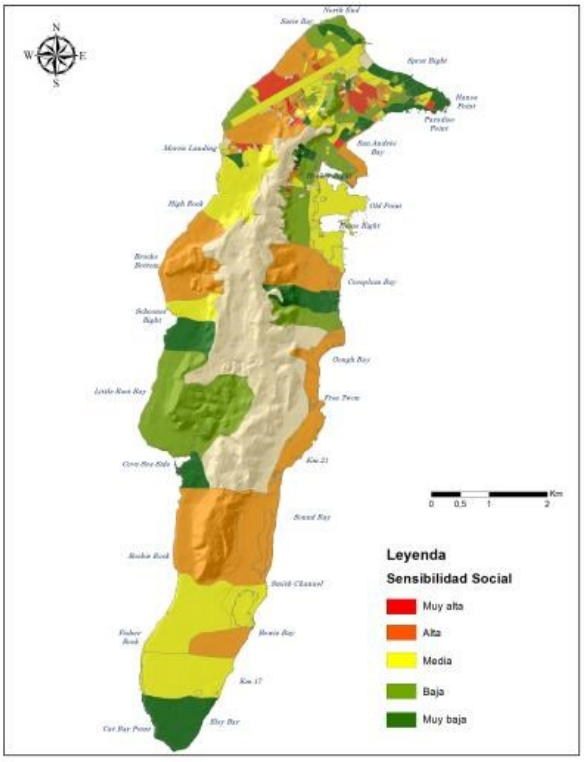


Figura 140. Sensibilidad social de San Andrés Isla.

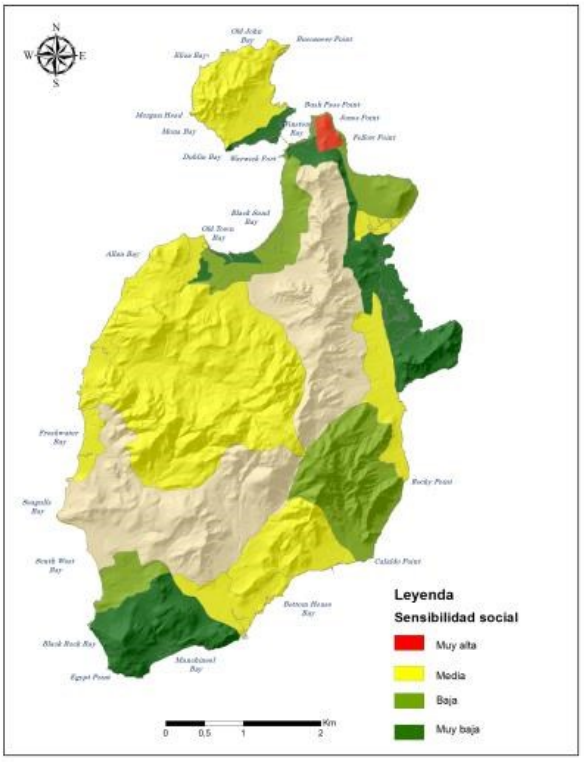


Figura 141. Sensibilidad social de Providencia y Santa Catalina.

2.5.3.6. Sensibilidad económica

La sensibilidad económica que se encuentra relacionada con aquellos espacios de mayor importancia económica para el departamento, determinada esta importancia por los aportes que se realizan al PIB en cada uno de los polígonos, de este modo, los lugares con mayor sensibilidad económica son aquellos en donde se concentran los factores de producción necesarios que contribuyen a la generación del valor agregado, y con ello al crecimiento económico.

De este modo, se observa que la isla de San Andrés (SA) presenta gran parte de su territorio con "alta" o "muy alta" sensibilidad, estas dos categorías agrupan el 29% del territorio, en sensibilidad "muy alta" el 19% y "alta" el 10%, en el caso de Providencia y Santa Catalina se presenta que solo el 12% del territorio presenta una categoría igual o superior a "alta". Al analizar el porcentaje del PIB que se genera dentro de las áreas categorizadas con sensibilidad mayor o igual a "muy alta", se observa que el 77% del PIB se encuentra con sensibilidad mayor o igual a "alta" para el caso de San Andrés, en síntesis, se identifica que en el 29% de área se concentra el 77% de generación del PIB para el caso de la isla de San Andrés. Para Providencia y Santa Catalina en el 12% del territorio presenta sensibilidad igual o mayor a muy alta, área que concentra el 76% de generación del PIB con sensibilidad igual o mayor a "alta" (Figura 142). En otras palabras, ante

un evento de cambio climático, de resultar afectadas las áreas con alta sensibilidad económica, se podría generar un efecto multiplicativo sobre el PIB.

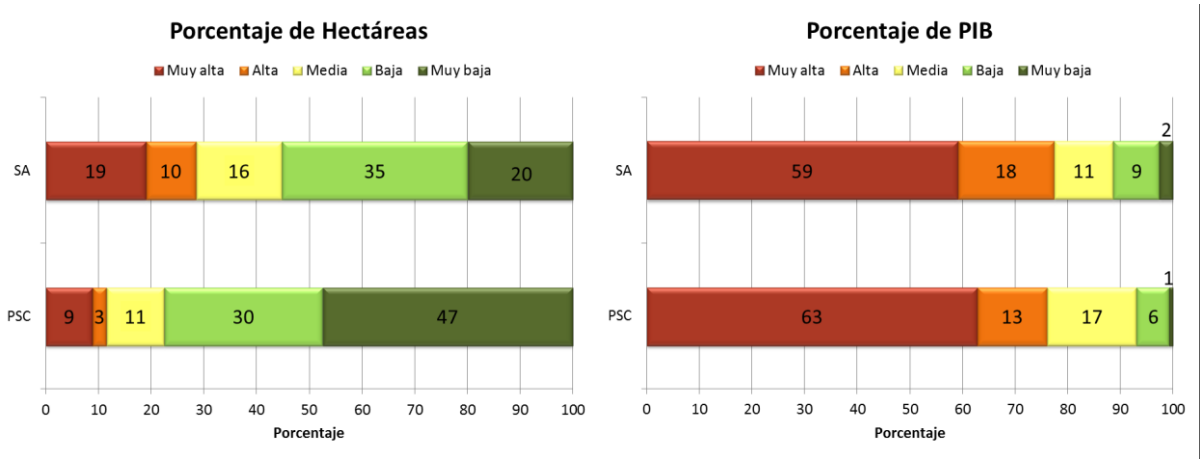


Figura 142. Sensibilidad económica de San Andrés (SA), y Providencia y Santa Catalina (PSC) por porcentaje de hectáreas y por el Producto Interno Bruto (PIB).

Ahora, es importante identificar donde se concentra la generación del PIB departamental, las cuales son las áreas donde se presenta la mayor sensibilidad económica. La Figura 143 permite observar que gran parte de las áreas con sensibilidad "alta" y "muy alta" se presenta en la parte norte de la isla de San Andrés, principalmente en la cabecera municipal, donde se concentran los hoteles, la mayor parte de los establecimientos de comercio, bancos y el aeropuerto, de igual forma en el sector de Old Point, así como en el Km 21 de la isla en donde se encuentran hoteles principalmente.

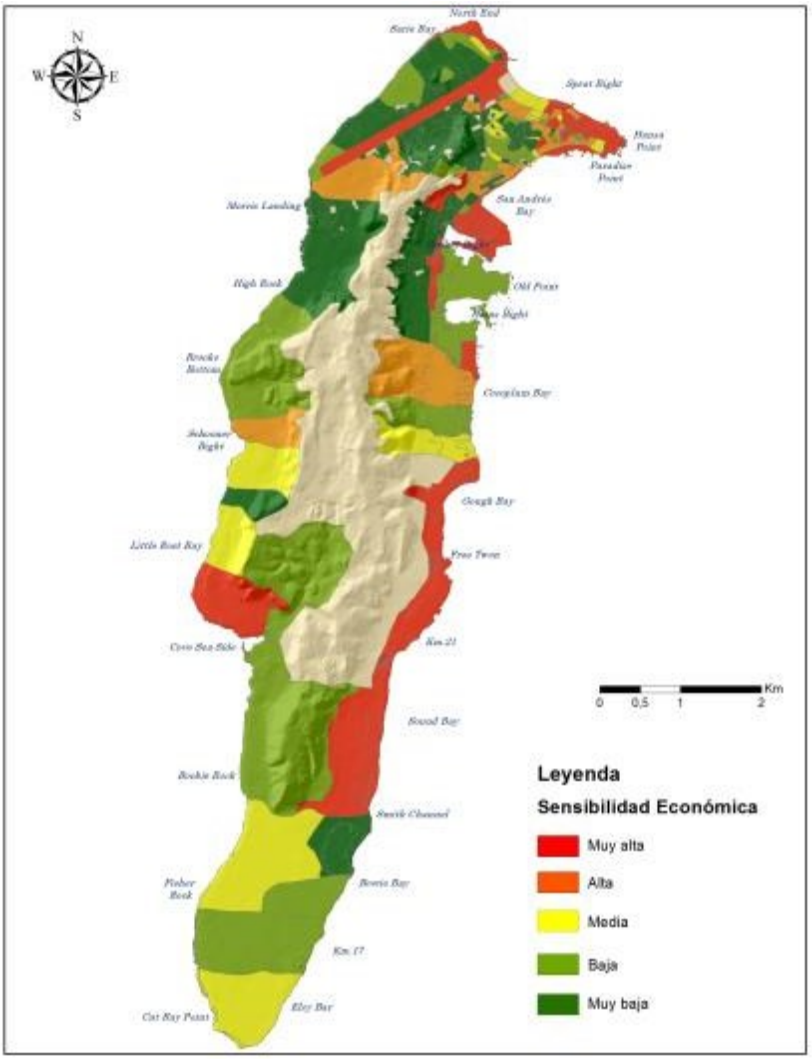


Figura 143. Mapa de sensibilidad económica de la isla de San Andrés.

Para Providencia, las áreas en donde se presenta la mayor sensibilidad se encuentra concentrada en el norte, en la cabecera municipal en donde se concentra el mayor número de establecimientos institucionales, hoteles, entre otros, del lado oeste presenta "muy alta" sensibilidad el sector de Freshwater Bay y South West Bay (Figura 144).

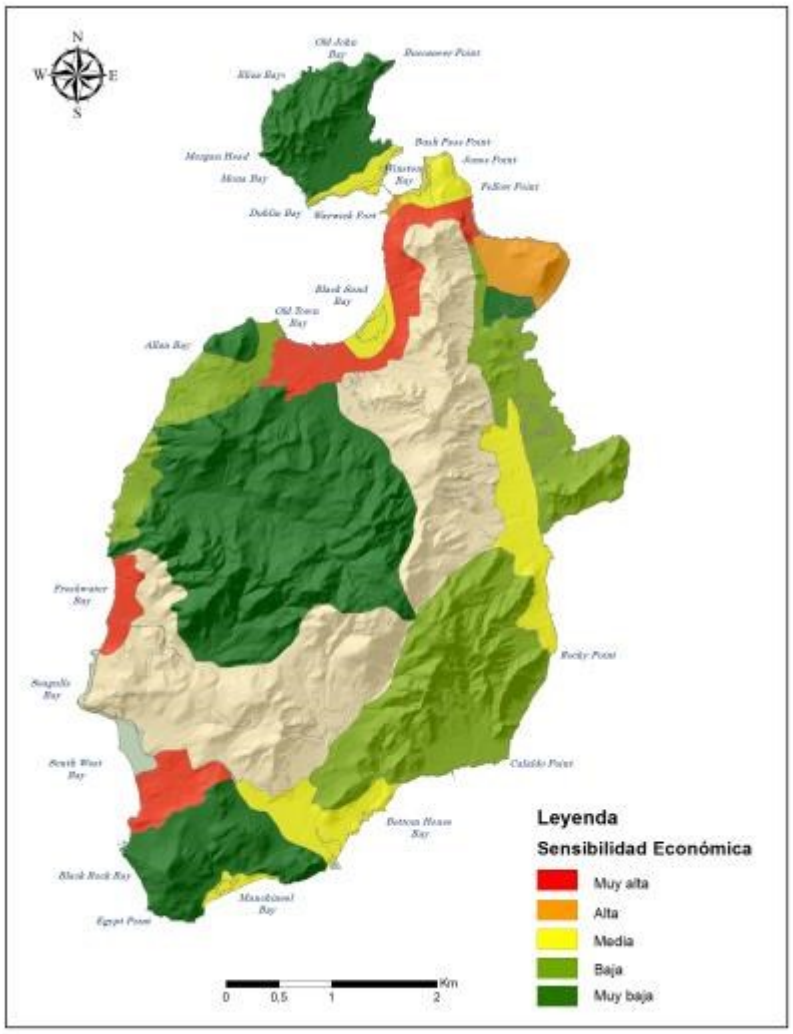


Figura 144. Mapa de sensibilidad económica Providencia y Santa Catalina.

2.5.3.7. Sensibilidad social y económica

Finalmente, mediante la interacción del subsistema social y económico, se presenta la sensibilidad social y económica, la cual nos muestra aquellas áreas que pueden ser sensibles en términos sociales, es decir, aquellos espacios en donde se encuentra población con condiciones de vida precarias o en donde se concentran factores de producción importantes para el crecimiento económico del departamento.

De este modo, para la isla de San Andrés (SA) podemos observar que el 50% del territorio analizado tiene sensibilidad por encima de "media", con el 28,4% en sensibilidad "alta" y el restante 21,6% con sensibilidad "alta", es decir que la mitad del territorio analizado se encuentra en esta condición de sensibilidad socioeconómica (Figura 145).

En el caso de Providencia y Santa Catalina (PSC) el 12,2% del territorio tiene sensibilidad por encima de "media", con el 9,5% con sensibilidad "muy alta" y el 2,7% en "alta", de este modo

podemos observar que la mayor parte del territorio de PSC se encuentra con sensibilidad "muy baja" (40%) (Figura 145).

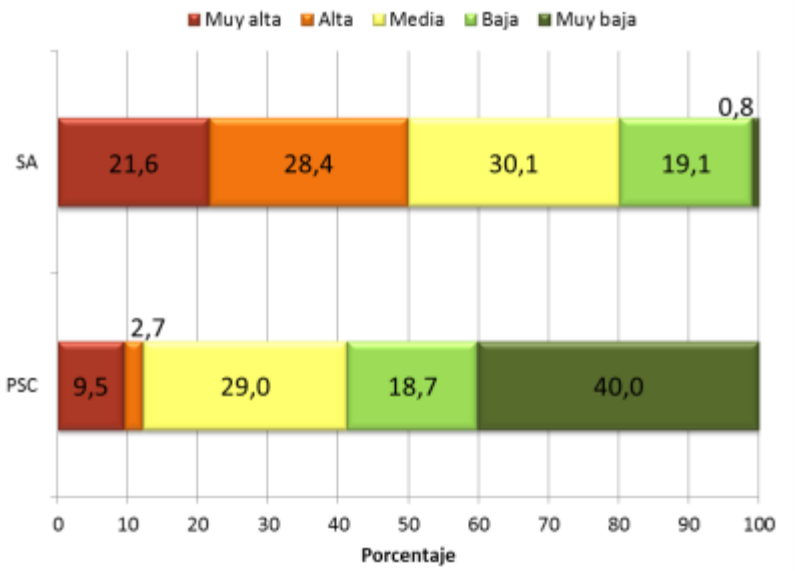


Figura 145. Porcentaje de áreas por sensibilidad social y económica de la isla de San Andrés, y Providencia y Santa Catalina

2.5.3.8. Exposición

La exposición está referida a las zonas en donde se presenta susceptibilidad a la inundación según la modelación realizada en esta investigación, a esta exposición se le asigna una calificación ordenando el porcentaje de inundación y por ende a la exposición desde "muy baja" a "muy alta". A continuación se presenta el área total de las islas según la calificación de exposición.

El área total en "muy alta" exposición en el área de estudio del departamento es de 95,9 ha, y 237,7 ha se encuentran en "alta" exposición. La mayor parte del territorio se encuentra con muy baja exposición (846,6 ha), de igual forma, son considerables las áreas que no son afectadas por la inundación, que alcanzan 1.616,7 ha lo que representa el 44,6% del territorio (Tabla 41).

En la isla de San Andrés 84,7 ha se encuentran con "muy alta" exposición, y 221,5 ha en "alta" exposición, estas son áreas en dónde se encuentra que más del 30% de su territorio es susceptible a ser inundado. Las otras zonas afectadas presentan en su mayoría una exposición muy baja (374,3 ha), por otra parte, 753,1 ha no presentan afectación por la inundación lo que representa el 36,7% del área analizada (Tabla 41).

Para Providencia y Santa Catalina se observa que 863,6 ha no presentan afectación por inundación, esto es igual al 55% del territorio, sin embargo, las áreas restantes que son afectadas por la inundación presentan la característica de tener "muy alta" exposición 11,2 ha y "alta" exposición 16,2 ha, lo que es equivalente a 28,4 ha en donde se inunda más del 30% de este territorio (Tabla 41).

Tabla 41. Área total de la isla de San Andrés (SA), Providencia y Santa Catalina (PSC) y departamental (en hectáreas), según calificación de exposición.

Rango porcentual de exposición	Calificación	SA	PSC	Departamental
Más de 70%	Muy alta	84,7	11,2	95,9
Más de 30% a 70%	Alta	221,5	16,2	237,7
Más de 10% a 30%	Media	275,8	143,7	419,5
Más de 2% a 10%	Baja	342,1	63,3	405,4
2% y menos	Muy baja	374,3	472,3	846,6
No afectada	No afectada	753,1	863,6	1616,7
Total		**2051,5**	**1570,6**	**1570,3**

2.5.4. *Análisis de impactos*

2.5.4.1. Impactos al sistema Físico

En cuanto al escenario de riesgo actual, diversos impactos ya se están evidenciando con afectaciones tanto estructurales como en los servicios ecosistémicos y turísticos que prestan algunos ecosistemas estratégicos en la línea de costa, a continuación se realizara un análisis de los asociados al componente físico:

Impactos de la erosión costera y retroceso de playas

Es evidente que bajo el escenario actual ya se están presentado problemas de erosión y perdida de extensión de las playas y territorio en el departamento, fundamentalmente asociadas estas pérdidas a fenómenos hidrometeorológicos y oceanográficos periódicos y extremos, característicos de esta zona climática, en síntesis estarían asociados a fenómenos de variabilidad climática tales como ENOS (El Niño Southern Oscillation), mejor conocido en sus fases extremas como Niño (Fase cálida) y Niña (Fase fría), frentes fríos, vientos Alisios, precipitaciones que exceden los promedios diarios y mensuales, entre otras, durante los cuales se han registrado mayores impactos en la línea costera relacionados con el aumento de incidencia de los procesos erosivos, pérdida de la bancada vial principal en la isla de San Andrés producto de su ubicación a borde costero, perdida del adoquinado de la peatonal construido sobre la duna de playa, lo que ha implicado un sobrecosto en el mantenimiento de estas líneas, perdida, colapso y eliminación de cocoteros en el borde costero por erosión y exposición de raíces, colapso de muros de protección y socavación de sus bases, colapso de tuberías de conducción de agua, construcción de estructuras duras capaces de resistir los embates del viento y oleaje y por ende pérdida temporal o permanente de calidad del paisaje y atractivo en las playas y las implicaciones económicas de esto.

Esta situación tan particular por su parte ha empujado a particulares y privados a realizar intentos de protección no tecnificada con el fin de conservar fragmentos de playa o evitar perdida de viviendas, lo cual ha traído consigo una proliferación de actuaciones ilegales de construcciones duras sobre el borde costero y el empeoramiento de los procesos erosivos.

Por otro lado y no menos importante, se encuentran los impactos catastróficos y de gran magnitud presentados por los fenómenos hidrometeorológicos extremos como los huracanes, causantes de

la perdida repentina de zonas de playa y remoción de material que de forma muy lenta puede ser equilibrado de forma natural. Tal es el caso de los impactos generados en la isla de Providencia al paso del Huracán Beta, donde por medio de monitoreos costeros se reportó un retroceso en la longitud y ancho de las playas producto del evento extremo.

A continuación se presenta una descripción sectorial de los impactos generados en las zonas con procesos de erosión costera en la Isla de San Andrés (Tabla 42).

Tabla 42. Impactos sectoriales generados por erosión costera en la isla de San Andrés.

SECTOR	DESCRIPCION	IMPACTOS	GRADO DE VULNERABILIDAD FISICA
Sprath Bight (Figura 146)	Erosión costera alta	Perdida del adoquinado de paseo peatonal con frecuencia anual, perdida de vegetación costera y procesos de reforestación, retroceso de anchos de playa, caída de palmeras de coco y pérdidas de vidas a asociadas a este fenómeno, perdida de la calidad del paisaje, deterioro gradual de estructuras hidráulicas, perdida de sedimentos por canalizaciones de agua lluvia con descargas al mar	ALTO
Cocoplum Bay (Figura 146)	Erosión costera alta	Perdida de vegetación costera, perdida de la calidad del paisaje, deterioro gradual de estructuras hidráulicas, perdida de sedimentos por canalizaciones de aguas lluvia, negras y grises con descargas al mar, afectación a infraestructura hotelera, intervenciones antrópicas como rellenos artificiales para conservación de anchos de playa.	MEDIO
Free Town (Figura 147)	Erosión costera alta	Perdida de la calidad del paisaje, deterioro gradual de estructuras hidráulicas, perdida de sedimentos por canalizaciones de aguas lluvia, negras y grises con descargas al mar, afectación a infraestructura rural y viviendas aledañas a la línea de costa, deterioro de la bancada vial.	ALTO
Sound Bay (Figura 147)	Erosión costera alta	Perdida de la calidad del paisaje, pérdida total a infraestructura rural y viviendas aledañas a la línea de costa, deterioro de la bancada vial, perdida de vegetación costera, retroceso de anchos de playa, perdida de vegetación costera y procesos de reforestación, caída de palmeras de coco.	ALTO
Elcy Bar-Bowie Bay (Figura 148)	Erosión costera alta	Perdida de la calidad del paisaje, deterioro de la bancada vial, perdida de vegetación costera, retroceso de anchos de playa, caída de palmeras de coco.	ALTO

SECTOR	DESCRIPCION	IMPACTOS	GRADO DE VULNERABILIDAD FISICA
Fisher Rock (Figura 148)	Erosión costera alta	Deterioro de la bancada vial, perdida de vegetación costera.	MEDIO

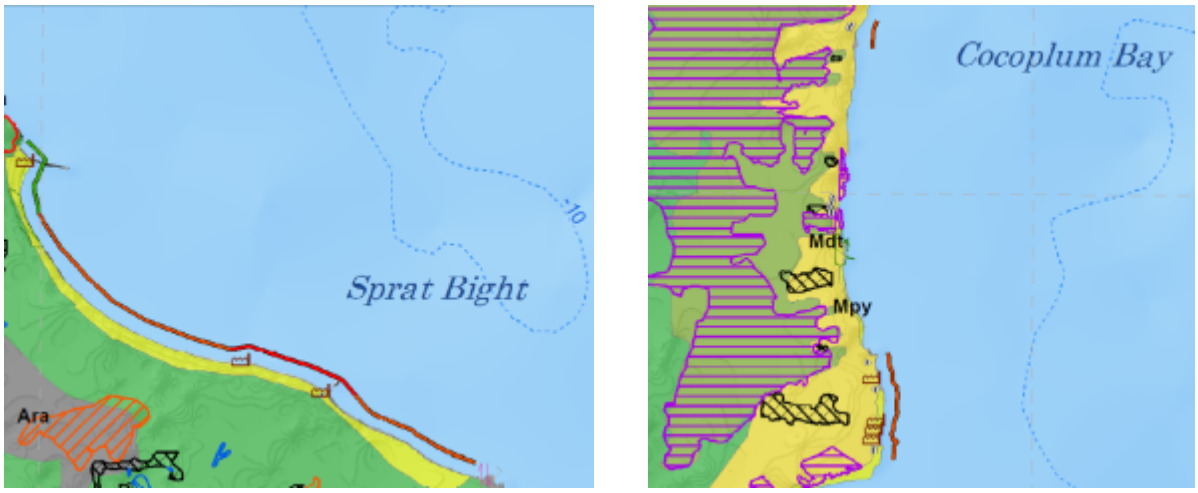


Figura 146. Sector de Sprath Bight (izquierda) y sector de Cocoplum Bay (derecha).

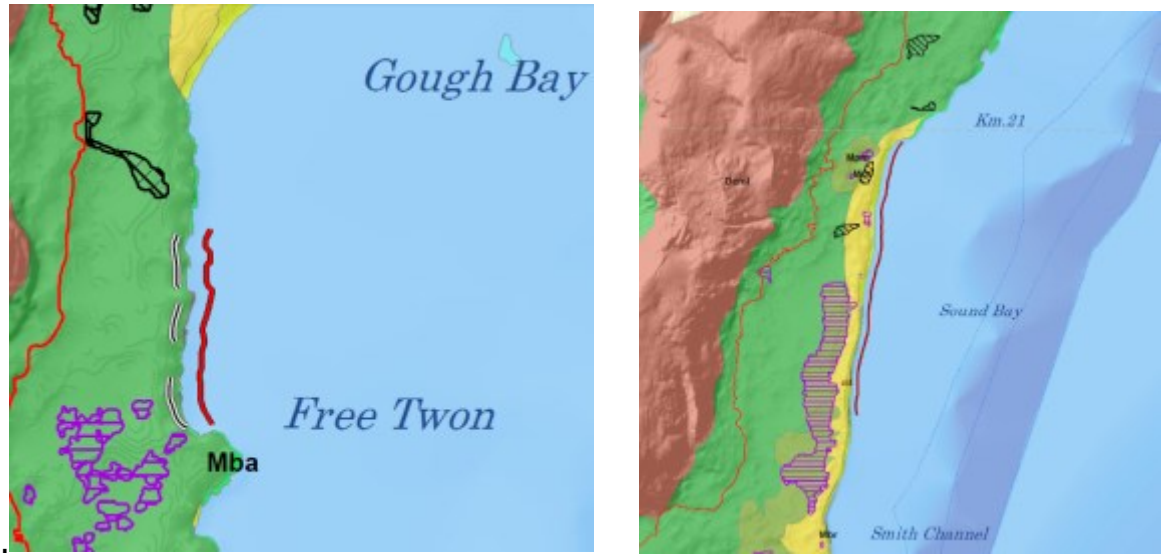


Figura 147. Sector de Free Town (izquierda) y sector de Sound Bay (derecha).

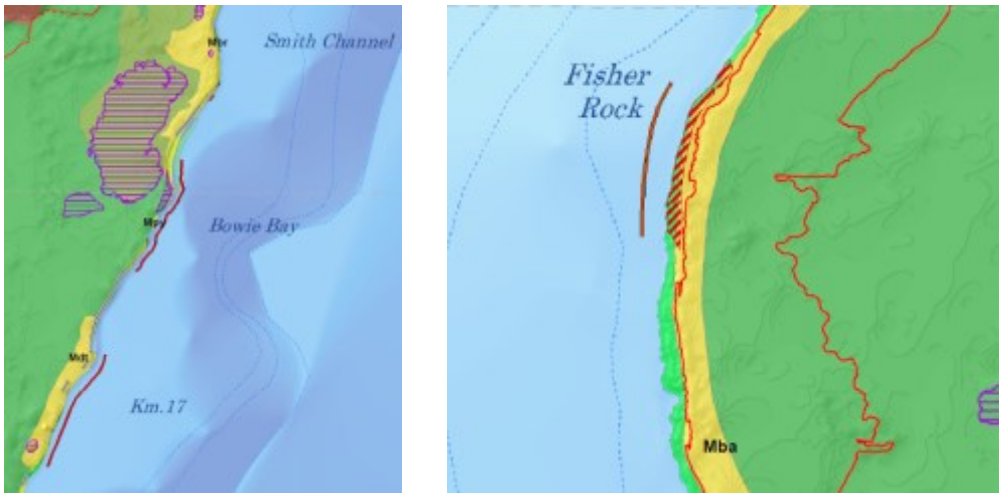


Figura 148. Sector de Elcy Bar-Bowie Bay (izquierda) y sector de Fisher Rock (derecha).

A continuación se presenta una descripción sectorial de los impactos generados en las zonas con procesos de erosión costera en la Isla de Providencia (Tabla 43).

Tabla 43. Impactos sectoriales por erosión costera en las islas de Providencia y Santa Catalina.

SECTOR	DESCRIPCION	IMPACTOS	GRADO DE VULNERABILIDAD FISICA
Freshwater Bay (Figura 149)	Erosión costera alta	Perdida de vegetación costera, retroceso de anchos de playa, caída de palmeras de coco, perdida de la calidad del paisaje, perdida de sedimentos por canalizaciones de agua lluvia y canales naturales con descargas al mar	ALTA
Southwest Bay (Figura 149)	Erosión costera alta	Perdida de vegetación costera, exposición de raíces de palmeras de coco, retroceso de anchos de playa, caída de palmeras de coco, perdida de la calidad del paisaje, socavación base de estructuras rígidas	ALTA
Manchineel Bay (Figura 150)	Erosión costera alta	Playa encajada entre acantilados; hacia el norte se presentan zonas altamente intervenidas, con vegetación, palmeras desarraigadas, y escarpes erosivos de hasta 1 m de altura. Presenta un decrecimiento de cerca de 2 m^2.	ALTA
Allan Bay (Figura 150)	Erosión costera alta	Erosión en temporada de lluvias por la desembocadura de un arroyo. Se registra retroceso de la playa, con posterior recuperación.	ALTA

SECTOR	DESCRIPCION	IMPACTOS	GRADO DE VULNERABILIDAD FISICA
Rocky Point (Figura 151)	Erosión costera media	Esta zona ha presentado erosión del acantilado pero en años anteriores fue cubierta por obras de control duras y de reconformación	MEDIA
Bottom House Bay (Figura 151)	Erosión costera media	Se presentan rasgos erosivos, con un área de sedimentación terrígena a la desembocadura del arroyo.	MEDIA

Figura 149. Sector de Freshwater Bay (izquierda) y sector de Southwest Bay (derecha).

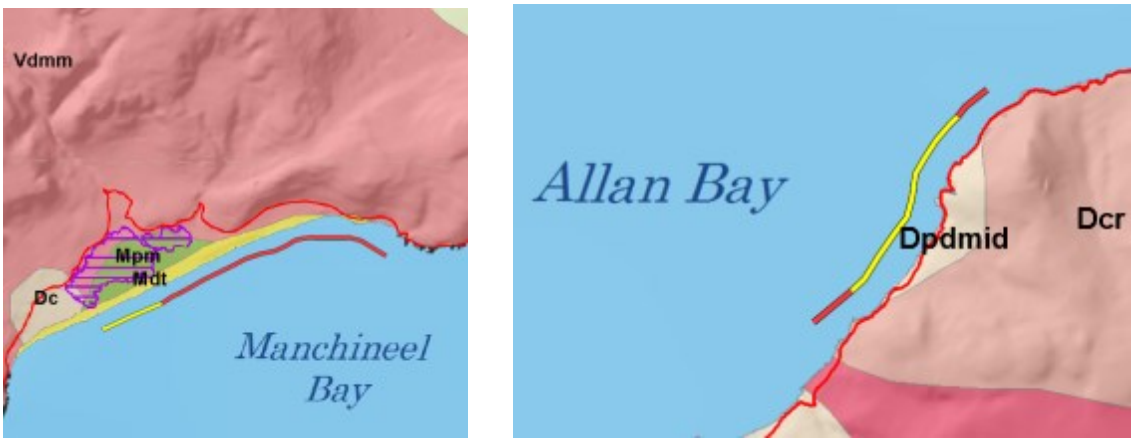


Figura 150. Sector Manchineel Bay (izquierda) y sector de Allan Bay (derecha).

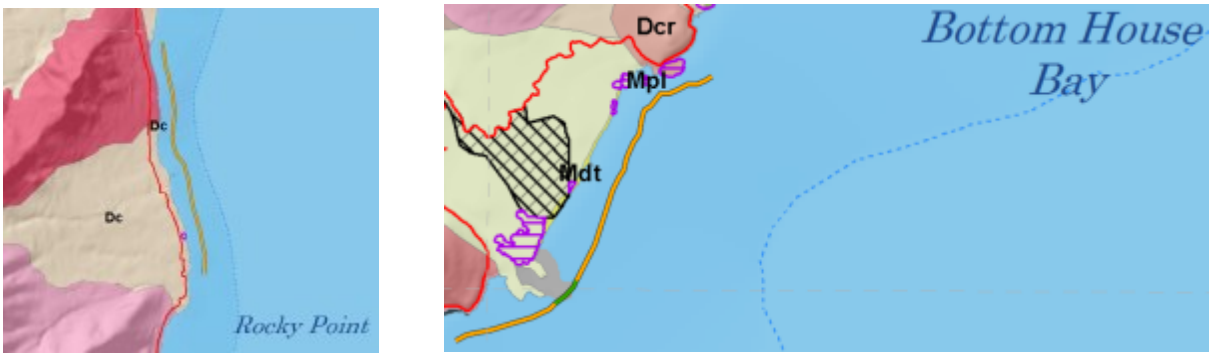


Figura 151. Sector de Rocky Point (izquierda) y sector Bottom House Bay (derecha).

Afectación de la cobertura de la tierra por erosión costera en la isla de San Andrés

Los efectos de la erosión costera sobre las diferentes coberturas de la tierra, se evidencian en la Tabla 44, se puede observar en este sentido que las coberturas con mayor afectación de erosión costera son las zonas arenosas naturales (9,7% de área afectada), afloramientos rocosos (9,1% de área afectada) y tejido urbano continuo (2,2% de área afectada), coberturas como espolones, instalaciones recreativas, mosaico de pastos con espacios naturales, zonas portuarias, bosque abierto bajo inundable y arbustal abierto presentan menores porcentajes de afectación, para un total de 23,4% de área afectada en la isla de San Andrés por esta amenaza.

Las coberturas con mayor afectación como las zonas arenosas, presentan el más alto porcentaje respecto a las demás coberturas por erosión alta con un 6,2%, seguido de erosión media de 3,2% y de erosión baja y sedimentación de 0,3% y 0,5% respectivamente y con 6,8% de áreas que no presentan erosión, por lo cual la relación área afectada vs área no afectada por procesos erosivos costeros es muy alta, por su parte en los afloramientos rocosos predomina la erosión baja con 6,2%, seguida de erosión media 2,0%, baja 0,9% y sedimentación de 0,5%, sin embargo el porcentaje sin procesos erosivos es mayor que en la anterior categoría con un 46%.

Tabla 44. Porcentaje de cobertura de la tierra expuesta a diferentes grado de erosión costera en la isla de San Andrés.

Tipo de Cobertura	Erosión alta	Erosión baja	Erosión media	Sedimentación	Sin Erosión	Total Suma
Afloramientos rocosos	0,9%	6,2%	2,0%	0,5%	36,4%	46,0%
Arbustal abierto	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,4%	0,6%
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%
Bosque abierto bajo inundable	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,8%	0,9%
Bosque denso bajo inundable	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	18,3%	18,3%
Espolones	0,2%	0,1%	0,0%	0,4%	0,3%	1,0%
Instalaciones recreativas	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	1,7%
Mosaico de pastos con espacios naturales	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,4%	0,6%
Pastos limpios	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%

Tipo de Cobertura	Erosión alta	Erosión baja	Erosión media	Sedimentación	Sin Erosión	Total Suma
Red vial, ferrovías y terrenos asociados	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,2%
Tejido urbano continuo	0,4%	1,2%	0,6%	0,0%	4,8%	7,1%
Vegetación secundaria o en transición	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Zonas arenosas naturales	6,2%	0,3%	3,2%	0,5%	6,8%	17,0%
Zonas portuarias	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%	5,5%	6,4%
Total general	**8,6%**	**8,8%**	**6,1%**	**1,5%**	**75,1%**	**100,0%**

Afectación de la cobertura de la tierra por erosión costera en las islas de Providencia y Santa Catalina

Los efectos de la erosión costera sobre las diferentes coberturas de la tierra, se evidencian en la Tabla 45, se puede observar en este sentido que las coberturas con mayor afectación de erosión costera son las zonas arenosas naturales (9,3% de área afectada), afloramientos rocosos (8.6% de área afectada), tejido urbano continuo (4,3% de área afectada), bosque denso alto de tierra firme (3,7% de área afectada) y arbustal abierto (2,6% de área afectada). Coberturas como Arbustal denso, bosque denso bajo de tierra firme y zonas portuarias presentan porcentajes de afectación inferiores al 2%, para un total de 35,4% de área afectada en las islas de Providencia y Santa Catalina por esta amenaza.

Las coberturas con mayor afectación como las zonas arenosas, presentan el más alto porcentaje respecto a las demás coberturas por erosión alta con un 3,4%, seguido de erosión media de 4% y de erosión baja y sedimentación de 1,9% y 0,4% respectivamente y con 8,9% de áreas que no presentan erosión, por lo cual la relación área afectada vs área no afectada por procesos erosivos costeros es muy alta, por su parte en los afloramientos rocosos predomina la erosión media con 6,2%, seguida de erosión baja 1,8% y alta 0,6%, no se presentan áreas con sedimentación, sin embargo el porcentaje sin procesos erosivos es mayor que en la anterior categoría con un 16,5%.

En el caso del tejido urbano continuo, bosque denso alto de tierra firme y arbustal abierto, presentan predominancia de erosión media con 2,8%, 3,1% y 2,0% respectivamente, seguida de erosión baja con 1,5%, 0,6% y 0,2% respectivamente.

Tabla 45. Porcentaje de cobertura de la tierra expuesta a diferentes grado de erosión costera en las islas de Providencia y Santa Catalina.

Tipo de Cobertura	Erosión alta	Erosión baja	Erosión media	Sedimentación	Sin Erosión	Total Suma
Afloramientos rocosos	0,6%	1,8%	6,2%	0,0%	16,5%	25,2%
Arbustal abierto	0,4%	0,2%	2,0%	0,0%	7,8%	10,4%
Arbustal denso	0,1%	1,6%	0,2%	0,1%	0,6%	2,6%
Bosque abierto alto de tierra firme	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,2%
Bosque abierto bajo inundable	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
Bosque denso alto de tierra firme	0,0%	0,6%	3,1%	0,0%	1,1%	4,8%
Bosque denso bajo de tierra firme	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	0,5%	2,1%
Bosque denso bajo inundable	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,2%
Bosque denso bajo inundable - Manglar no específico	0,0%	0,3%	0,2%	0,0%	17,7%	18,3%

Tipo de Cobertura	Erosión alta	Erosión baja	Erosión media	Sedimentación	Sin Erosión	Total Suma
Bosque denso bajo inundable - Mangle blanco	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,3%
Espolones	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,1%	0,3%
Pastos limpios	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%
Red vial, ferrovías y terrenos asociados	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	1,5%	1,9%
Tejido urbano continuo	0,0%	1,5%	2,8%	0,0%	5,2%	9,5%
Tejido urbano discontinuo	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,4%	0,5%
Tierras desnudas y degradadas	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,6%	1,0%
Vegetación secundaria o en transición	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,6%
Zonas arenosas naturales	3,4%	4,0%	1,9%	0,4%	8,9%	18,6%
Zonas portuarias	0,0%	0,5%	0,8%	0,0%	2,1%	3,4%
Total general	**4,6%**	**11,2%**	**19,6%**	**0,5%**	**64,1%**	**100,0%**

Afectación de geomorfología por erosión costera en la isla de San Andrés

Los efectos de la erosión costera sobre las diferentes geoformas de la isla, se evidencian en la Tabla 46, se puede observar en este sentido que las geoformas con mayor afectación de erosión costera son las playas (46,1% de área afectada), Borde arrecifal costero (37% de área afectada) y rellenos artificiales (11,5 % de área afectada). Geoformas como plataforma arrecifal, beach rock y depósitos de tormenta presentan porcentajes de afectación inferiores al 4%.

Las playas corresponden a la geoforma con afectación de erosión alta de mayor impacto con un 80%, seguida de un 62,9% de erosión media, pese a lo anterior también se registró mayor porcentaje de afectación de esta geoforma en cuanto a procesos de sedimentación con 51%.

El borde costero arrecifal por su parte presenta un 69,7% de afectación por erosión baja, seguida de un 32,9 % de erosión media y solo 6,6% con erosión alta, también presenta procesos de sedimentación 31,9%.

La plataforma arrecifal por su parte con 10,6% de afectación por erosión alta y 0,5% de erosión baja.

Tabla 46. Porcentaje afectación de geomorfología expuesta a diferentes grado de erosión costera en la isla de San Andrés.

Geoformas	Erosión alta	Erosión baja	Erosión media	Total erosión	Sedimentación
Etiquetas de fila					
Banco de arena					
Beach Rock	1,2	0,1		0,5	
Borde arrecifal costero	6,6	69,7	32,9	37,0	31,9
Depósito coluvio aluvial no disectado					
Depósito de tormenta			3,0	0,8	
Pantano de manglar					

Geoformas	Erosión alta	Erosión baja	Erosión media	Total erosión	Sedimentación
Plataforma arrecifal	10,6	0,5		4,1	1,1
Playa	80,8	0,4	62,9	46,1	55,6
Relleno artificial	0,8	29,1	1,2	11,5	11,4
Total general	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**

Afectación de geomorfología por erosión costera en las islas de Providencia y Santa Catalina

Los efectos de la erosión costera sobre las diferentes geoformas de las islas, se evidencian en la Tabla 47, se puede observar en este sentido que las geoformas con mayor afectación de erosión costera son las montañas de flujos de lava y escoria moderadamente inclinadas y disectadas (26,2% de área afectada), depósito coluvial moderadamente inclinado y disectado (24,6% de área afectada), playas (16,4 % de área afectada), montañas de flujos de lava y depositos volcaniclásticos bajos fuertemente inclinados y disectados (10,4%) y montañas de flujos de lava, depósitos piroclásticos y epiclásticos fuertemente inclinados y disectados (6,7%). Geoformas como depósitos coluviales, depósitos de tormenta, playones y montañas de flujos de lava y depósitos volcaniclásticos bajos moderadamente inclinados y disectados, entre otras, presentan porcentajes de afectación inferiores al 5%.

Las playas corresponden a la geoforma con afectación de erosión alta de mayor impacto con un 44,6%, seguida de un 6,2% de erosión media y erosión baja de 22,9%, pese a lo anterior también se registró procesos de sedimentación con 4,6%.

Los depósitos de tormenta por su parte presentan un 23.1% de afectación por erosión alta, seguida de un 2,3 % de erosión baja. Las montañas de flujos de lava y escoria moderadamente inclinadas y disectadas presentan un 47% de afectación por erosión alta.

Finalmente los depósitos coluviales moderadamente inclinados y disectados presentan 27,4% de afectación por erosión media, 27,1% de erosión baja y 6,6% de erosión alta.

Tabla 47. Porcentaje afectación de geomorfología expuesta a diferentes grado de erosión costera en las islas de Providencia y Santa Catalina.

Geoformas	Erosión alta	Erosión baja	Erosión media	Sedimentación	Sin Erosión	Total general	Total erosión
Borde arrecifal costero			0,4		6,4	4,1	0,2
Colinas de flujos de lava aisladas moderadamente inclinadas y disectadas		1,0			2,9	2,0	0,3
Colinas de flujos de lava bajas suavemente inclinadas y disectadas	5,6					0,3	0,7
Colinas de flujos de lava, dep. piroclásticos y epiclásticos aisladas moderada inclinad y disecta					5,3	3,4	0,0

Geoformas	Erosión alta	Erosión baja	Erosión media	Sedimentación	Sin Erosión	Total general	Total erosión
Colinas residuales			1,7		2,2	1,7	0,9
Depósito coluvial moderadamente inclinado y disectado	6,6	27,1	27,4		23,9	24,0	24,6
Depósito coluvio aluvial disectado		10,1	2,8	64,2	5,3	5,4	4,7
Depósito de tormenta	23,1	2,3			0,7	1,8	3,7
Deslizamiento					2,4	1,6	0,0
Montañas de flujos de lava y dep volcaniclásticos bajas fuertemente inclinadas y disectadas	3,4	14,2	9,9		6,9	8,1	10,4
Montañas de flujos de lava y dep volcaniclásticos bajas moderadamente inclinadas y disectadas	9,5		1,1		5,4	4,1	1,8
Montañas de flujos de lava y escoria moderadamente inclinadas y disectadas			47,0		3,8	11,7	26,2
Montañas de flujos de lava, dep piroclásticos y epiclásticos fuertemente inclinadas y disectadas	7,4	12,0	3,5		5,2	5,7	6,7
Pantano de manglar		3,4			27,0	17,6	1,1
Playa	44,6	22,9	6,2	4,6	0,1	6,0	16,4
Playón		7,1		31,3	2,5	2,6	2,2

Impactos asociados a la salinización de acuíferos

La salinización de acuíferos es uno de los procesos que se ha venido observando durante los últimos años principalmente asociado a la extracción ilegal y extensiva de agua subterránea en los pozos en las islas, sin embargo esta situación luego de presentarse es difícilmente recuperable debido a la presión hidrostática que representa el mar frente a los lentes de agua dulce presentes en el Archipiélago y que se localizan a modo de lentes flotantes de agua dulce sobre la gran masa marina.

Por su parte las condiciones geológicas de la isla de San Andrés y particularmente del sector occidental, en donde se presentan grande s cavernas y grietas diluidas por el agua, convierten estos conductos en accesos directos del agua del mar hacia las fuentes hídricas subterráneas que aprovechadas por medio de bombeo continuo, aproximan mucho más el agua de altas conductividades a áreas donde antes no eran detectadas.

Las primeras evidencias reportadas por CORALINA de salinización se han restringido hacia la zona noroccidental de la isla de San Andrés, kilómetro 6, específicamente en el acuífero San Luis, teniendo que ser objeto de sanciones de cierre de pozos por salinización.

Por otra parte se han encontrado registros de INGEOMINAS, 1993 que indican el cierre de dos pozos del acueducto en el sector sur oriental de la cuenca del Cove por salinización debido a su gran profundidad.

Por otra parte, un papel muy importante en los procesos de salinización lo ha jugado el régimen de precipitación y la variabilidad climática que ha estado condicionada por fenómenos tales como El Niño, durante el cual se han presentado periodos cálidos que históricamente han afectado el territorio nacional en los últimos 30 años, que generaron grandes impactos económicos como el apagón por racionamiento energético como consecuencia del déficit hídrico (NOAA ,2012).

El archipiélago también ha sufrido los efectos de estos episodios y principalmente se han evidenciado impactos en los acuíferos, los cuales por ser de tipo libre y depender de la precipitación como principal fuente de recarga, sus niveles freáticos reaccionan ante los periodos de estrés, profundizándose y por lo tanto disminuyendo el volumen de recarga lo cual puede verse traducido en un incremento la vulnerabilidad a la salinización de los mismos.

Esta situación podría evidenciarse en los diferentes reportes recopilados de la cartografía del lente de agua dulce y su migración hacia el centro de la isla, el IDEAM, 1985, En CORALINA y la Universidad Nacional, 2010 recalcan que es el acuífero San Luis el más propenso a sufrir de salinización.

No obstante el tema de salinización requiere mayor investigación por medio de pozos de monitoreo que permitan definir la variación del perfil de salinidad a lo largo de los años.

Se podría concluir como impactos de mayor importancia a esta situación, la salinización de acuíferos, la reducción del volumen tanto de recarga como reservas probadas de los acuíferos de agua dulce, el incremento del coste de tratamiento y purificación del agua por métodos de salinización, lo cual incrementaría la facturación a los usuarios y mayor consumo de energía no limpia tipo diésel, única disponible en el archipiélago hasta la fecha.

Impactos asociados a inundaciones

En la actualidad los fenómenos de inundación presentes en el territorio obedecen a fenómenos hidrometeorológicos y oceanográficos periódicos, durante los cuales se generan colapsos en los sistemas de acueducto y alcantarillado por rebosamiento tanto de aguas lluvia, negras y grises como por el ingreso del agua del mar, anegamientos permanentes en el sector turístico, que afectan de manera significativa las actividades comerciales y por ende el colapso de la capacidad de respuesta de los entes de emergencia, los cuales no cuentan con la capacidad de personal y técnica para atender los diferentes puntos que presentan esta problemática con gran frecuencia, erosión costera en las zonas de descole de canales, colapso del sistema de transporte y suministro eléctrico, pérdidas materiales y físicas recurrentes, amplias áreas de estancamiento de aguas, interrupción en las actividades aéreas y proliferación de vectores por estancamiento de aguas.

CORALINA y la Universidad Nacional (2010), indican que en general, las lluvias mensuales del periodo agosto-noviembre (excepto octubre) son mayores durante El Niño que durante La Niña, mientras que las lluvias del periodo diciembre - mayo son mayores durante La Niña que durante El Niño y se concluye que en general durante los años La Niña llueve más respecto a los años El Niño para la temporada de diciembre a mayo y durante los meses de julio y octubre, presentándose la mayor diferencia durante el mes de julio con más de 50% de precipitación adicional.

Se puede concluir que el fenómeno ENOS afecta notoriamente el comportamiento de las precipitaciones, de tal forma que se presentan en general o predominantemente déficits de lluvia durante la fase El Niño y excesos de lluvias durante la fase La Niña. Estas anomalías representan condiciones diferentes de recarga para el acuífero, debido a una menor o mayor disponibilidad de agua para el proceso de infiltración y percolación y se traducen en mayores valores de escorrentía, lo cual se traduce en inundaciones recurrentes en las áreas planas de la isla o en zonas con cotas inferiores a las del nivel del mar.

De igual forma y no menos importante se encuentran las zonas de inundación que han sido objeto de cambio de usos del suelo, transformando sistemas de humedales urbanos y costeros, en asentamientos legales o ilegales, lo cual ha aumentado los problemas de inundación en las épocas de alta precipitación.

En cuanto a las inundaciones generadas por fenómenos oceanográficos en isla, se puede concluir que corresponden a la interferencia entre diferentes factores climatológicos, hidrológicos y oceanográficos, tal es el caso reportado en el análisis de marea realizado por CORALINA y Universidad Nacional (2010), en donde se determinó que durante los años El Niño se presentan, en general, mareas mucho más fuertes, con diferencias notables en los meses de diciembre y enero, y abril y mayo.

Específicamente para la costa occidental de la isla de San Andrés las corrientes superficiales con direcciones suroeste y oeste, son el resultado de la fricción del viento sobre las capas superficiales y el proceso conocido como la espiral de Ekman. Estas coinciden con algunas mediciones realizadas por el CIOH en junio y diciembre de 2001 en la costa occidental próxima al antiguo basurero (CIOH, 2002 en Posada y Guzmán, 2007) (Tabla 48).

Las olas del E-NE llegan de forma indirecta, por la refracción que sufren en los extremos norte y sur de la isla. La profundidad de la terraza arrecifal (15 a 4 m) causa que las olas rompan contra el acantilado, a excepción de aquellas de mayor periodo que sufren el proceso de asomeramiento antes de alcanzar la costa. Oleajes menos frecuentes de S y SW se presentan asociados con tormentas tropicales o huracanes y atacan directamente la costa occidental de la isla.

La altura de las olas es en promedio mayor durante la época seca que durante la lluviosa; para la época seca la altura de la ola oscila entre 1,0 y 1,5 m, aumentando hasta 2,5 m durante el paso de frentes fríos, mientras que para la temporada de lluvias la altura de las olas oscila entre 0,5 y 1,2, aumentando hasta 1,8 m durante el paso de ondas tropicales del Oriente (Steer, 2002 en Posada, y Guzmán, 2007).

En cuanto a la costa Norte y Oriental de la isla de San Andrés, las corrientes predominantes, impulsadas por los vientos alisios del nororiente, arriban a la plataforma insular por el nororiente, atravesando la barrera arrecifal por varios puntos para divergir luego por el lado norte y oriente de la isla y continuar hacia el sur (Posada y Guzmán, 2007).

El litoral nororiental, por otro lado, por ser un área protegida por Little Reef y Big Reef, no presenta corrientes litorales con velocidades importantes, siendo las mayores cerca de la zona arrecifal, con 17 cm/s y las menores en áreas abrigadas con 7 a 8 cm/s (Salazar, 2003 en Posada y Guzmán, 2007). Las corrientes al Norte de Punta Hansa se dirigen generalmente hacia el Noroeste, saliendo de la laguna arrecifal entre Johnny Cay y la isla principal.

Muy puntualmente, la circulación es determinada casi en su totalidad por las mareas, aunque con la influencia de los vientos del E y NE.

Steer (2002) en Posada y Guzmán (2007), plantea que el principal generador de olas en la parte oriental de San Andrés y Providencia es el viento, de sus características depende la amplitud, dirección y frecuencia de las olas y sus efectos sobre la costa se ven magnificados por la confluencia de frentes fríos, ciclones tropicales y periodos secos, en donde los vientos incrementan su magnitud y otras variables como el oleaje, mar de leva y precipitaciones de igual forma lo hacen.

De acuerdo con esto, las olas llegan a la costa oriental desde el E-NE, con periodos entre 9 y 13 segundos y rompen sobre la barrera arrecifal donde son atenuadas y sólo olas de menor amplitud pasan la barrera y llegan a la costa.

A continuación se presenta una descripción sectorial de los impactos generados en las zonas con procesos de inundación y sus diferentes causas en la isla de San Andrés (Tabla 48) y en Providencia y Santa Catalina (Tabla 49).

Tabla 48. Descripción sectorial de los impactos generados en las zonas con procesos de inundación en la isla de San Andrés.

SECTOR	DESCRIPCION	IMPACTOS	GRADO DE VULNERABILIDAD FISICA
North End (Figura 152, convención en color azul)	Inundaciones urbanas por precipitación	Colapso de las vías principales del sector comercial (Deterioro de la movilidad), colapso de los servicios de alcantarillado pluvial y sanitario (desbordamientos), perdidas económicas en sectores comerciales de forma periódica, colapso de los servicios de energía, deterioro de viviendas urbanas, pérdidas materiales de la población.	ALTO
Circunvalar -Sarie Bay (convención en color rojo)	Inundaciones por oleaje extremal	Erosión costera, deterioro de la movilidad por la vía circunvalar, erosión de la bancada y de bases de muros de protección	MEDIO
Fisher Rock (Figura 152, convención en color rojo)	Inundaciones por oleaje extremal	Erosión costera, deterioro de la movilidad por la vía circunvalar, erosión de la bancada y de bases de muros de protección, exposición de tuberías de conducción.	BAJO
Punta Sur (Figura 153, convención en color rojo)	Inundaciones por oleaje extremal	Deterioro de viviendas, cierre y evacuación de zonas turísticas y de pobladores del área.	ALTO
North End (Figura 152, convención en rojo y naranja)	Zonas susceptibles a inundación y humedales intervenidos	Colapso de las vías principales del sector urbano (Deterioro de la movilidad), colapso de los servicios de alcantarillado pluvial y sanitario (desbordamientos), colapso de los servicios de energía, deterioro de viviendas urbanas, pérdidas materiales de la población,	ALTO

SECTOR	DESCRIPCION	IMPACTOS	GRADO DE VULNERABILIDAD FISICA
		proliferación de vectores por encharcamientos.	
Pescadero(Figura 153, convención en verde)	Inundaciones por mar de leva	Colapso de las vías principales del sector urbano (Deterioro de la movilidad), colapso de los servicios de alcantarillado pluvial y sanitario (desbordamientos).	MEDIO

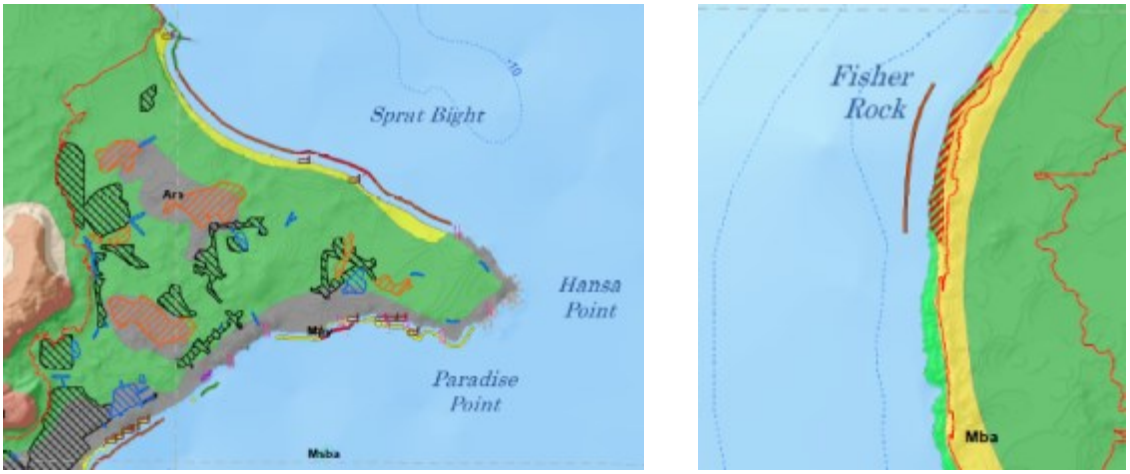


Figura 152. Sector North End (izquierda) y sector Fisher Rock (derecha).

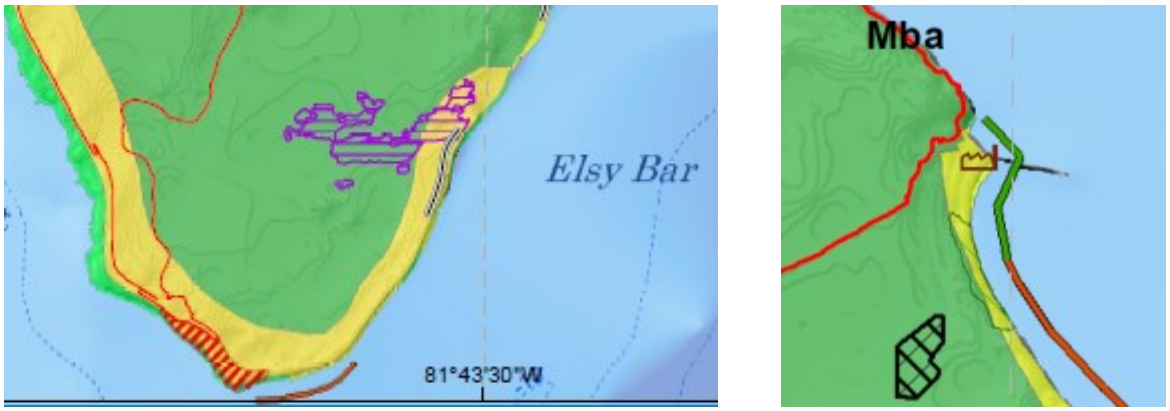


Figura 153. Sector Punta Sur (izquierda) y sector pescadero (derecha).

Tabla 49. Descripción sectorial de los impactos generados en las zonas con procesos de inundación en la isla de Providencia.

SECTOR	DESCRIPCION	IMPACTOS	GRADO DE VULNERABILIDAD FISICA
Bottom House (Figura 154, convención en color negro)	Zonas susceptibles a inundación	Generación de procesos erosivos y remoción de material de las zonas altas, erosión de laderas de canales naturales, deterioro de viviendas aledañas, colapso de la capacidad de las estructuras hidráulicas, perdida de cobertura vegetal.	ALTO
Winston Bay (Figura 154, convención en color negro)	Zonas susceptibles a inundación	Generación de procesos erosivos de laderas, deterioro de áreas peatonales, perdida de cobertura vegetal.	MEDIO
Fresh Water bay (Figura 155, convención en color negro)	Zonas susceptibles a inundación	Generación de procesos erosivos costeros, deterioro de infraestructura hotelera, perdida de cobertura vegetal, pérdida de calidad del paisaje	ALTO

Figura 154. Bottom House (izquierda) y Winston Bay (derecha).

Figura 155. Sector oriental Fresh Water Bay.

2.5.4.2. Impactos al sistema Biótico

Análisis de impactos de la erosión sobre el sistema biótico

Los sitios identificados con problemas de erosión costera para las islas son cuantiosos, la afectación para el sistema se ve reflejada en áreas que son de importancia económica y ecológica para el archipiélago, en especial para las playas con alrededor de 3 kilómetros lineales identificados con erosión muy alta y una ganancia por sedimentación de alrededor de 263 metros aproximadamente, para la isla de San Andrés y en Providencia y Santa Catalina con 1,5 kilómetros con erosión muy alta y una ganancia de menos de 200 metros; para los litorales seguidos de los litorales rocosos dónde su afectación lineal se ve reflejada en casi 3 km de erosión baja y con una ganancia por sedimentación de alrededor de 200 m (Figura 156) (Tabla 50).

Este escenario se ve reflejado en todo el archipiélago, es importante anotar que las áreas urbanas de las islas también se ven seriamente impactadas con este fenómeno además que para las islas de Providencia y Santa Catalina las coberturas afectadas por erosión son muchas más; incluyendo algunas zonas portuarias, red vial, arbustales, y zonas urbanas poco densas (Figura 156).

Tabla 50. Porcentaje de erosión por coberturas en el Archipiélago.

Coberturas	Erosión alta	%	Erosión media	%	Erosión baja	%	Sedimentación	%
San Andrés								
Arbustal abierto			37,34	1,21	30,98	0,69		
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación			12,59	0,41				
Espolones	109,93	2,52			31,87	0,71	217,34	28,24
Instalaciones recreativas	410,00	9,39			16,28	0,36		
Litoral rocoso	483,22	11,06	1025,68	33,13	3145,73	70,28	235,79	30,64
Manglares					33,21	0,74	29,49	3,83
Mosaico de pastos con espacios naturales			89,91	2,90				
Playas	3143,63	71,98	1620,04	52,34	160,40	3,58	263,32	34,22
Tejido urbano continuo	220,88	5,06	285,58	9,23	620,66	13,87	23,65	3,07
Zonas portuarias			24,38	0,79	436,98	9,76		
Total	**4367,66**	**100**	**3095,51**	**100**	**4476,11**	**100**	**769,59**	**100**
Providencia y Santa Catalina								
Arbustal abierto	183,96	9,67	821,29	10,19	70,25	1,52		
Arbustal denso	28,13	1,48	99,73	1,24	640,33	13,86	28,83	14,35
Bosques			1991,12	24,70	229,69	4,97		
Espolones			103,11	1,28	10,42	0,23		
Litoral rocoso	248,01	13,03	2557,66	31,73	755,47	16,35		
Manglares	32,53	1,71	138,55	1,72	143,05	3,10	6,35	3,16
Pastos limpios			32,34	0,40		0,00		
Playas	1410,08	74,11	794,48	9,86	1629,28	35,26	165,78	82,49
Red vial, ferrovías y terrenos asociados				0,00	174,66	3,78		
Tejido urbano continuo			1152,96	14,30	611,99	13,24		
Tejido urbano discontinuo			43,45	0,54		0,00		
Tierras desnudas y degradadas				0,00	166,58	3,60		
Zonas portuarias			325,75	4,04	189,33	4,10		
Total	**1902,71**	**100**	**8060,43**	**100**	**4621,05**	**100**	**200,96**	**100**

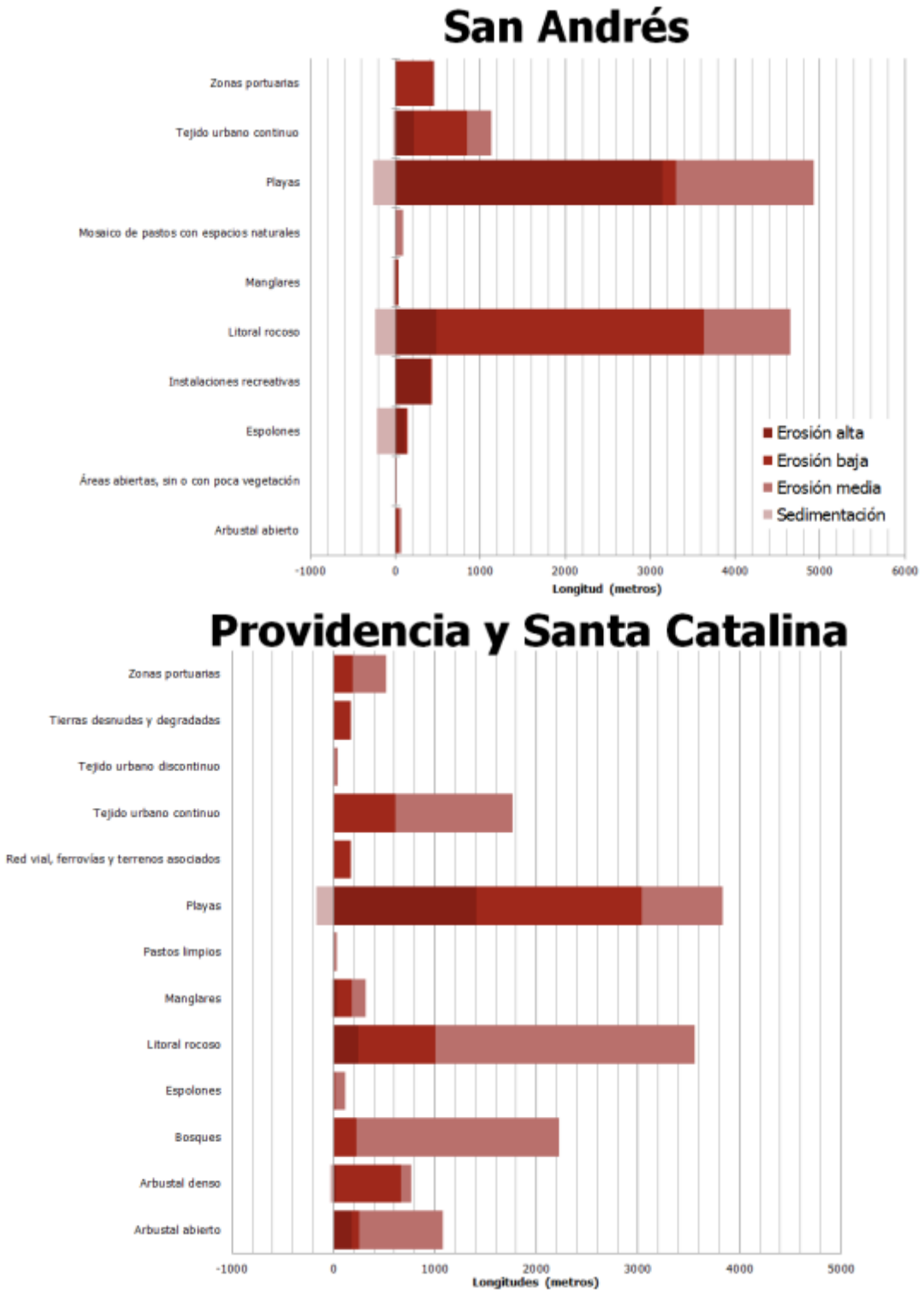


Figura 156. Coberturas afectadas por erosión costera en el Archipiélago.

Es claro que la pérdida de los ecosistemas de playa para el archipiélago ocasiona un daño considerable en la dinámica natural del sistema costero, disminuyendo el número de especies

asociadas además de los servicios ecosistémicos que presta, como la protección costera, turismo, investigación y educación y legado para las generaciones futuras.

Análisis de impactos de la inundación por ANM al sistema biótico

Según diferentes escenarios establecidos por el IPCC (2001), se prevé que el nivel del mar global subirá entre 0,09 y 0,88 m entre 1990 y 2100 debiéndose principalmente a la expansión térmica y la pérdida de masa de los glaciares y de los casquetes polares. Sin embargo, el cambio en el NMM no es uniforme espacialmente ya que la tasa de incremento en algunas regiones puede ser incluso mayor al promedio mundial, mientras que en otras puede haber una disminución (IPCC, 2007).

Por otra parte, es importante resaltar que un porcentaje considerable de la población mundial vive sobre o muy cerca de las franjas costeras (Forlees y Livermann, 1996). En el Archipiélago, los ecosistemas costeros han sido impactados a lo largo de varios años por el desarrollo turístico que ha tenido la región, es por esto que han perdido paulatinamente su capacidad de resiliencia natural; las consecuencias de la pérdida de estos ecosistemas por ende haría que se perdieran su habilidad para sostener los bienes y servicios que brinda, de los cuales depende la mayoría de los habitantes de la isla.

Teniendo en cuenta este panorama, para las zonas emergidas del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, se evaluará la vulnerabilidad de los ecosistemas según la pérdida de área y un análisis los servicios ambientales que prestan.

Tabla 51. Análisis de impactos sobre ecosistemas.

Isla	Ecosistema	Área de inundación actual	Posibles impactos	Atributos
San Andrés	Manglares	163,72	Pérdida de área, biodiversidad.	Composición y estructura
	Playas	0,64	Pérdida de área	Calidad de playa, área
	Litoral	5,91	Pérdida de área	Área
	Humedales	0,02	Pérdida de área, biodiversidad.	Área, especies asociadas (hábitat de aves).
	Bosques	0,35		
Providencia y Santa Catalina	Manglares	52,06	Pérdida de área, biodiversidad.	Composición y estructura
	Playas	0,42	Pérdida de área	Calidad de playa, área
	Litoral	0,02	Pérdida de área	
	Humedales	0,89	Pérdida de área, biodiversidad.	Área, especies asociadas (hábitat de aves).
	Bosques	0,25	Pérdida de área, biodiversidad.	Área, especies asociadas (hábitat de aves).

Amenazas de perturbación en la zona de estudio

En su mayoría las áreas que son inundadas por lluvias corresponden a las que por sus características se inundan naturalmente, cómo las áreas contiguas a los ecosistemas de manglar y humedales; pero en otros casos estas inundaciones también están relacionadas con la invasión y relleno de áreas que anteriormente eran sitios de amortiguación o áreas de retiro de estos ecosistemas para hacer asentamientos.

También las áreas que se inundan frecuentemente por lluvias, y mares de leva; son las áreas urbanas del sector norte de la isla.

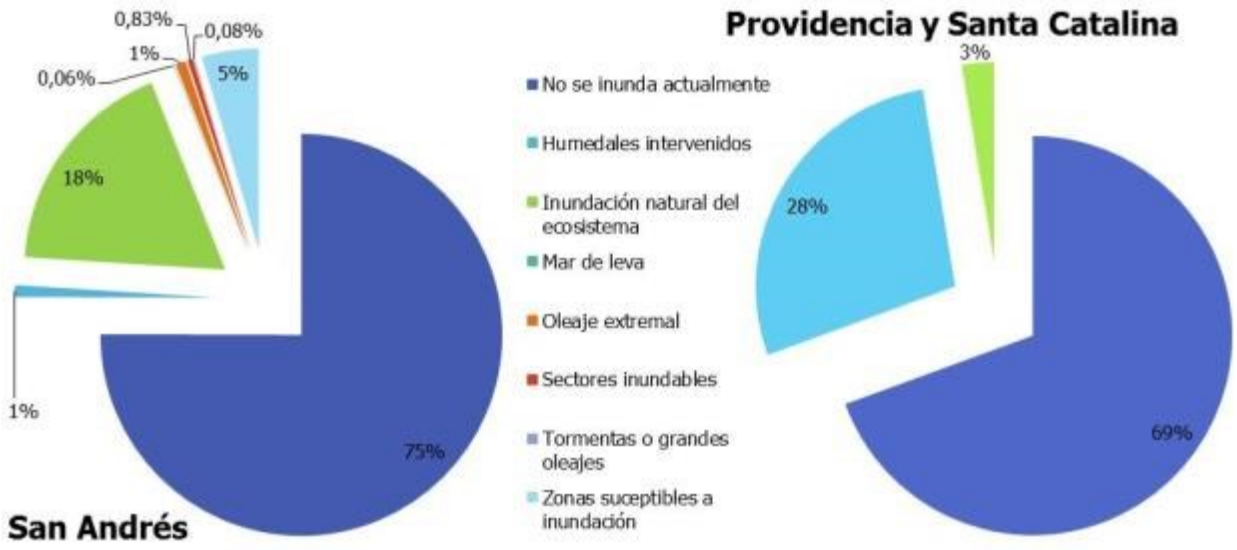


Figura 157. Áreas de inundación para San Andrés y Providencia y Santa Catalina.

Tabla 52. Escenario de inundación actual para las coberturas de San Andrés.

Coberturas	Causas de inundación							
	No se inunda	%	Humedales intervenidos	%	Inundación natural del ecosistema	%	Mar de leva	%
Aeropuertos	10,97	1,58	1,09	12,39	0,01	0,0002	0,00	0,43
Arbustal abierto	31,55	4,53			0,13	0,08		
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	27,37	3,93			0,07	0,04		
Bosques	9,29	1,34			0,35	0,21		
Canales	0,02	0,00			0,00	0,00		
Espolones	0,19	0,03			0,02	0,01		
Instalaciones recreativas	8,19	1,18	3,45	39,10	0,27	0,16		
Lagunas lagos y ciénagas naturales	0,42	0,06			163,47	97,92		
Litoral rocoso	29,46	4,23						
Manglares	0,00	0,00					0,01	2,35
Mosaico de cultivos y espacios naturales	1,18	0,17			0,00	0,00		
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	3,69	0,53						
Mosaico de pastos con espacios naturales	29,59	4,25			0,08	0,05		
Mosaico de pastos y cultivos	3,60	0,52						
Otros cultivos permanentes arbóreos	2,95	0,42			0,02	0,01		
Pastos arbolados	23,91	3,44			0,10	0,06		
Pastos enmalezados	4,18	0,60			0,06	0,03		
Pastos limpios	14,06	2,02			0,09	0,05		
Playas	11,77	1,69			0,14	0,08	0,15	26,78
Red vial, ferrovías y terrenos asociados	34,52	4,96	0,70	7,91	0,19	0,11	0,13	23,25
Tejido urbano continuo	217,11	31,21	1,92	21,76	0,85	0,51	0,26	45,27
Tejido urbano discontinuo	2,26	0,32			0,01	0,01		
Tierras desnudas y degradadas	3,11	0,45			0,14	0,08		
Vegetación secundaria o en transición	204,99	29,47			0,87	0,52		
Zonas industriales o comerciales	1,27	0,18			0,03	0,02		
Zonas portuarias	11,21	1,61			0,06	0,04	0,01	1,93
Zonas verdes urbanas	8,84	1,27	1,66	18,84	0,02	0,01		
Total general	**695,68**	**100,00**	**8,81**	**100,00**	**166,95**	**100,00**	**0,57**	**100,00**

Escenario de inundación actual para las coberturas de San Andrés (continuación).

Coberturas	Causas de inundación							
	Oleaje extremal	%	Sectores inundables	%	Tormentas o grandes oleajes	%	Zonas susceptibles a inundación	%
Aeropuertos					0,08	9,65	0,64	1,52
Arbustal abierto	0,02	0,28	0,02	0,39	0,34	42,47	0,49	1,15
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación							0,01	0,03
Bosques								
Canales								
Espolones								
Instalaciones recreativas							0,45	1,06
Lagunas lagos y ciénagas naturales								
Litoral rocoso	5,64	72,82						
Manglares	0,09	1,18	0,02	0,38			0,14	0,32
Mosaico de cultivos y espacios naturales								
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales								
Mosaico de pastos con espacios naturales								
Mosaico de pastos y cultivos								
Otros cultivos permanentes arbóreos								
Pastos arbolados							0,44	1,03
Pastos enmalezados								
Pastos limpios							0,07	0,16
Playas	0,06	0,81			0,29	35,66		
Red vial, ferrovías y terrenos asociados	1,38	17,77	0,90	22,63	0,06	7,93	5,04	11,87
Tejido urbano continuo	0,55	7,14	1,84	46,21	0,03	3,14	32,19	75,87
Tejido urbano discontinuo							0,09	0,21
Tierras desnudas y degradadas								
Vegetación secundaria o en transición							0,46	1,09
Zonas industriales o comerciales								
Zonas portuarias			0,67	16,89	0,01	1,16	1,13	2,65
Zonas verdes urbanas			0,54	13,51			1,29	3,04
Total general	**7,75**	**100,00**	**3,98**	**100,00**	**0,80**	**100,00**	**42,43**	**100,00**

Escenario de inundación actual para las coberturas de Providencia y Santa Catalina

Cobertura	Causa de inundación					
	No se inunda	%	Inundación natural del ecosistema	%	Zonas susceptibles a inundación	%
Aeropuertos	5,47	4,01				
Arbustal abierto	25,25	18,55	0,67	1,22	0,45	8,74
Arbustal denso	14,09	10,35	0,26	0,48	0,22	4,33
Bosques	6,82	5,01	0,08	0,14	0,17	3,38
Espolones	0,01	0,01				
Instalaciones recreativas	3,31	2,43	0,01	0,02		
Lagunas lagos y ciénagas naturales	7,20	5,29	0,89	1,62		
Litoral rocoso	3,71	2,72	0,03	0,05		
Manglares	0,62	0,45	51,71	94,29	0,35	6,77
Mosaico de cultivos	0,73	0,54				
Mosaico de pastos con espacios naturales	0,30	0,22				
Pastos arbolados	0,61	0,45				
Pastos enmalezados	0,19	0,14				
Pastos limpios	0,48	0,35	0,02			
Playas	9,28	6,82	0,39	0,70	0,04	0,73
Red vial, ferrovías y terrenos asociados	5,66	4,16	0,10	0,19	0,09	1,82
Tejido urbano continuo	38,70	28,43	0,28	0,52	3,25	63,52
Tejido urbano discontinuo	0,97	0,71	0,01	0,02		
Tierras desnudas y degradadas	4,55	3,34	0,36	0,65		
Vegetación secundaria o en transición	8,01	5,89	0,02	0,04	0,55	10,69
Zonas portuarias	0,19	0,14	0,01	0,02		
Total general	**136,14**	**100**	**54,84**	**100**	**5,12**	**100**

Amenazas de perturbación en la cobertura vegetal

En las islas se presentan relictos de cobertura de bosque seco, y hacia los bordes litorales se presenta los manglares, sin embargo todos presentan algún tipo de amenaza que se listan a continuación:

- Vientos fuertes,
- Afectación por termitas,
- Sedimentación (principalmente en la zona cercanas a los ecosistemas de manglar donde hay mayor concentración de viviendas y donde se encuentran canales de desagüe de aguas lluvias),
- Zona de suelos inestables (arenas y turbas) que pueden sufrir licuación (Documento IGAC, 1996),
- Presencia de especies introducidas (Maria mulata (*Quiscalus mexicanus*), lobo pollero (*Tupinambis teguixin*).

De acuerdo con los resultados, los ecosistemas más impactados en el área de estudio por ANM son el bosque de manglar. Debido a la presión ejercida por los procesos antrópicos que se han desarrollado en el archipiélago, estos ecosistemas han sufrido perturbaciones que han puesto en desequilibrio las dinámicas propias de los mismos y que sumado a los efectos del cambio climático, entre ellos el ANM, podría resultar catastrófico para su sostenibilidad ambiental.

Las playas del archipiélago presentan una afectación del 1,26 % del total de su cobertura en la actualidad. Esto representa casi la totalidad de sus playas, con implicaciones en el desarrollo económico debido a que se puede ver afectado el sector turístico.

Cabe mencionar que aunque el porcentaje de afectación por riesgo actual (50%) tiene que ver con eventos de inundación que se presentan eventualmente y no gradualmente como el ANM.

Por otro lado, el 99 % de la cobertura de manglar se inunda habitualmente por la características del ecosistema y un 0,6% es susceptible a inundación por fuertes lluvias o mares de leva; estos ecosistemas al igual que las playas sufren de una enorme presión por parte de las actividades antrópicas, principalmente por la construcción de infraestructura turística y residencial, problemática mucho más vista en el sector Decamerón (Figura 158).

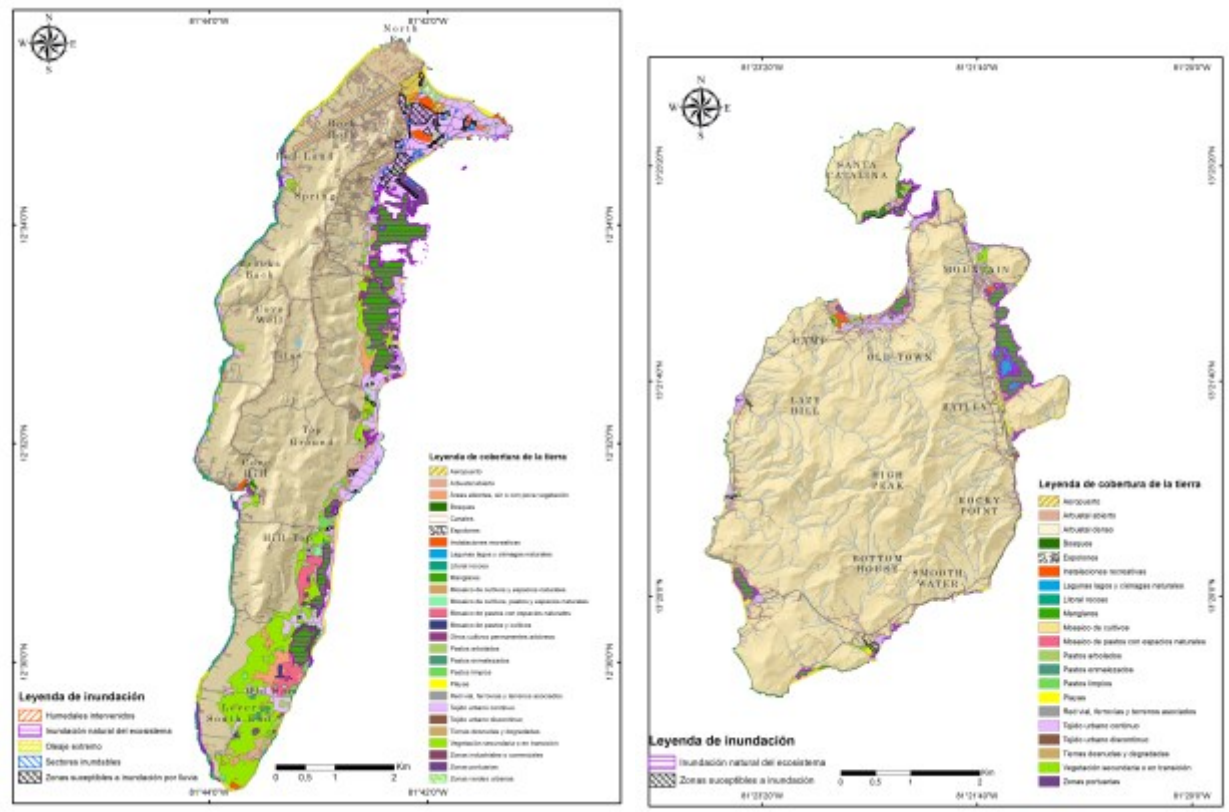


Figura 158. Areas de inundación actual sobre la cobertura de tierra para las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

2.5.4.3. Impactos actuales al sistema Socioeconómico

Áreas y usos del suelo afectados por inundación y aumento del nivel del mar

La primera aproximación sobre los impactos al área de estudio en el departamento de San Andrés está relacionada con las áreas afectadas por la inundación por aumento del nivel del mar y el efecto que esta representa para los usos del suelo que se realizan en cada espacio impactado.

El uso del suelo con mayor afectación en términos absolutos, son las áreas con uso de conservación, de las cuales 151,4 ha pueden resultar inundadas, lo que representa que el 84,7% de las áreas de conservación en el área de estudio son zonas inundables, esta afectación representa un impacto significativo para los ecosistemas ubicados en el área de estudio, principalmente en los Parque Nacionales, así como resulta en impactos sobre atractivos turísticos en la zona.

En el área de estudio, la segunda mayor afectación en términos absolutos se presenta en áreas sin uso aparente con 76,9 ha que representan el 17,6%, aunque resultan con una alta inundación, estos territorios no presentan actividades económicas o asentamientos humanos en los que que llevan a que se puedan dar altos impactos. El tercer uso con mayor afectación, son las áreas de uso habitacional, de las cuales pueden verse inundadas 33,3 ha que representan el 11,8% de las áreas de uso habitacional del departamento, la posible inundación de estas áreas representa un

gran impacto sobre las condiciones de vida de la población asentada en estos lugares, con la pérdida y deterioro de viviendas o la disminución de su capital acumulado (Tabla 53).

Como cuarto uso afectado en el departamento se presentan los relacionados con las actividades al turismo y recreación, con el uso recreacional, turístico y turístico y recreacional, al realizar la agregación de estos usos se observa que resultan afectadas 10,5 ha que representan el 10,6% de las áreas con actividades de turismo y recreación, teniendo en cuenta que es una de las actividades económicas más importantes en la isla, la inundación de estas zonas, ocasiona impactos sobre infraestructura turística, playas y áreas de interés para el turismo, lo que conlleva a la disminución de los ingresos de la población dedicada a esta actividad, disminución de las ganancias de las empresas turísticas, empleos, recursos estatales, entre otros. Las zonas de uso transporte terrestre pueden presentar altos impactos, perdiendo 8,6 ha lo que significa la pérdida de infraestructura vial y de conectividad en el área (Tabla 53).

Para la isla de San Andrés, las zonas que presentan la mayor afectación en términos absolutos son las que tienen un uso de conservación con 116,3 ha afectadas, en segundo lugar se encuentran las áreas sin uso aparente con 56,3 ha afectadas, lo que ocasiona grandes impactos sobre los ecosistemas y lugares de interés turístico. 29,9 ha de uso habitacional son afectadas, lo que representa 16,6% de las áreas con este uso en la isla, para el caso de la isla esto ocasiona grandes impactos sobre las condiciones de vida de la población. 10,1 ha de uso recreacional, turístico, y turístico y recreacional son afectados, lo que puede ocasionar grandes pérdidas sobre una de las principales actividades económicas de la isla. Finalmente, se resalta la afectación sobre las zonas de uso para el transporte terrestre, que son inundables 8,4 ha lo que indica impactos en infraestructura vial (Tabla 53).

Tabla 53. Área total (AT), Área afectada (AF) y porcentaje de área afectada (%AF) por inundación actual en San Andrés, Providencia y Santa Catalina, y total, según usos del suelo.

Usos	San Andrés			Providencia y Santa Catalina			Total		
	AT	AF	%AF	AT	AF	%AF	AT	AF	%AF
Agrícola mixto	59,6	0,1	0,2	2,3	0,0	1,5	61,9	0,2	0,3
Agrícola transitorio	3,6		0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0
Comercial	33,0	2,9	8,7	2,4	0,1	3,4	35,4	2,9	8,3
Conservación	120,4	116,3	96,6	58,4	35,2	60,2	178,8	151,4	84,7
Ganadero	1,1		0,0	0,5	0,0	1,1	1,6	0,0	0,3
habitacional	180,3	29,9	16,6	35,6	3,4	9,6	215,9	33,3	15,4
Institucional	13,8	3,0	22,1	0,9	0,0	2,2	14,7	3,1	20,9
Portuario	17,5	2,5	14,4	0,5	0,0	1,9	18,0	2,5	14,0
Protección de erosión	0,2	0,0	0,6	0,0		0,0	0,2	0,0	0,6
Recreacional	0,1		0,0	3,4	0,0	0,7	3,5	0,0	0,7
Sin uso aparente	366,7	56,3	15,4	71,1	20,6	29,0	437,8	76,9	17,6
Suministro de agua	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	24,1	0,1	0,0	24,1
Transporte aéreo	12,7	1,7	13,7	0,8		0,0	13,5	1,7	12,9
Transporte terrestre	42,9	8,4	19,6	5,9	0,2	3,4	48,8	8,6	17,6
Turístico	46,8	5,8	12,4	3,9	0,0	0,6	50,7	5,8	11,5

Usos	San Andrés			Providencia y Santa Catalina			Total		
	AT	AF	%AF	AT	AF	%AF	AT	AF	%AF
Turístico y recreacional	28,3	4,3	15,1	10,3	0,4	3,7	38,6	4,7	12,1
Total general	**927**	**231**	**25,0**	**196**	**60**	**30,6**	**1123**	**291**	**25,9**

Para Providencia y Santa Catalina (PSC), El uso con mayor afectación es el uso de conservación en donde se afectan 35,2 ha, lo que significa la afectación del 60,2%% de las áreas de conservación en el área de estudio de PSC, son áreas de parques naturales inundables y que pueden resultar impactados sus ecosistemas, en segundo lugar se presentan zonas sin uso aparente (20,6 ha). Un 9,6% (3,4 ha) de las áreas de uso habitacional pueden resultar afectadas, las cuales de ser inundadas llevarían a la pérdida o deterioro de viviendas. Las áreas de uso recreacional, turístico, y turístico y recreacional se verán afectadas en un 5% de su área allí se encuentran instalaciones hoteleras y turísticas, playas y otros recursos de interés turístico (Tabla 53).

Impacto de la inundación por el aumento del nivel del mar e inundación sobre la población y las viviendas

En la primera aproximación de los impactos por el aumento del mar e inundación, presentada anteriormente se definen las áreas afectadas y por consiguiente los usos relacionados con esos lugares. A continuación, se presentan los impactos enfocando el análisis principalmente al impacto directo sobre las viviendas que se encuentran en las zonas inundables, y por ende a la población que habita estas viviendas, así como los hogares que conforman.

En el departamento, bajo las especificaciones y supuestos definidos en el modelo de inundación, se presenta la afectación de 2.248 viviendas, lo que equivale al 13,8% de las viviendas de esta área. La afectación se refiere a la inundación de lugares en donde se encuentran las viviendas, lo cual puede llevar a la pérdida total o al deterioro parcial de sus viviendas, esta afectación es directa, y para este caso no son contabilizados los impactos indirectos ocasionados después de deteriorada o perdida la vivienda, como problemas en la salud, entre otros.

El mayor número de viviendas afectadas se encuentra en la isla de San Andrés (2.173), esto teniendo en cuenta que de igual forma es el lugar en donde se concentran la mayor parte de las viviendas del departamento (15.021), en la isla se afectan el 14,5% de las viviendas, con el mayor número de viviendas afectadas en la cabecera municipal, son inundables 1.926 viviendas, mientras en el resto de la isla se afectan 247 viviendas. Estos datos en términos de población, significan que se pueden ver afectados 2.213 hogares, conformados por 8.222 personas, es decir, el 14,8% de la población de la isla (Tabla 54).

En Providencia y Santa Catalina, se pueden ver afectadas el 6,8% de las viviendas, lo que equivale a 87 viviendas, en este caso el mayor número de viviendas no se presentan para la cabecera municipal, si no para el resto; en la cabecera municipal se afectan 48 viviendas, mientras en el resto 39, lo cual significa la afectación aproximada de 36 hogares en la cabecera municipal y 48 en el resto, hogares integrados por 295 personas que pueden ser afectadas por el impacto de sus viviendas (Tabla 54). En resumen, para Providencia y Santa Catalina se verán mayores impactos

sobre las viviendas y la población que vive en zonas distintas a la cabecera municipal, teniendo en cuenta que es en esos lugares donde se encuentra asentada la mayor población.

Tabla 54. Viviendas, personas y hogares, por totales (Total), afectadas (AF) y porcentaje de elementos afectados (%AF) por inundación en la isla de San Andrés (SA) y Providencia y Santa Catalina (PSC).

Variables		Viviendas			Personas			Hogares		
Lugar		Total	AF	% AF	Total	AF	% AF	Total	AF	% AF
SA	Cabecera municipal	10641	1926	18,1	40902	7404	18,1	10794	1968	18,2
	Resto	4380	247	5,6	14524	818	5,6	4079	245	6,0
	Total	15021	2173	14,5	55426	8222	14,8	14873	2213	14,9
PSC	Cabecera municipal	505	38	7,5	1739	134	7,7	516	35	6,8
	Resto	766	37	4,8	2408	161	6,7	761	37	4,8
	Total	1271	75	5,9	4147	295	7,1	1277	72	5,6
Total departamento		16292	2248	13,8	59573	8517	14,3	16150	2285	14,1

Para identificar el posible efecto sobre el desarrollo del departamento que implica la pérdida de viviendas, analizaremos el efecto de la inundación sobre el déficit de vivienda[12], estimado por el DANE. Para el año 2005 el déficit de vivienda total[13] para la isla de San Andrés era de 79,9%, y para Providencia y Santa Catalina de 63,7%, si asumimos que las viviendas que se inunden van a tener pérdidas totales o parciales, que como consecuencia serán viviendas inhabitables o con precariedades, y con ello aumentaran el déficit de vivienda departamental.

Teniendo en cuenta que el número de viviendas y hogares afectados por la inundación presentados en la Tabla 54 y en la Tabla 55, los que ascienden a 2,213 hogares para SA y 72 en PSC, esto significa que del actual déficit de vivienda de 79,9% en San Andrés, la inundación contribuye con el 14,9%, y el restante 65% al resto de causas, esta característica nos permite dimensionar las pérdidas para el desarrollo.

En Providencia y Santa Catalina, del 63,7% de déficit de vivienda, 5,6% corresponde a déficit ocasionado por la inundación, lo que nos está mostrando los efectos sobre el desarrollo, y la vida de la población (Tabla 55).

Tabla 55. Déficit de vivienda por inundación y otras acciones, en San Andrés (SA) y en Providencia y Santa Catalina (PSC) 2005.

Municipio	SA	PSC
Hogares totales	14873	1277
En déficit total	11881	813
Déficit por inundación	2173	75

[12] Considera las necesidades habitacionales insatisfechas de la población, considerando la desagregación de las carencias en cuantitativas y cualitativas, la primera compara el número de hogares y las viviendas apropiadas existentes, y el segundo referido a carencias de dotación de servicios públicos, mejoramiento o ampliación de la unidad habitacional (DANE, 2009 b).

[13] Se analizó el déficit de vivienda agregado (total), teniendo en cuenta que a nivel de impactos no se tiene la desagregación de los efectos por daño total y pérdidas.

Municipio	SA	PSC
% déficit total	79,9	63,7
% déficit por inundación	14,5	5,9

Impacto por ramas de actividad de la inundación sobre el Producto Interno Bruto (PIB) del departamento de San Andrés y Providencia

Para el ejercicio de conocer el impacto del PIB se cuantifican las pérdidas ocasionadas en los polígonos inundados según las actividades económicas que se desarrollan, las cuales son definidas teniendo en cuenta las actividades desarrolladas por los establecimientos ubicados en ese lugar. De igual forma, teniendo en cuenta la modelación de la inundación, y bajo el supuesto de una distribución uniforme del PIB sobre el polígono analizado, se presenta el siguiente análisis.

A nivel departamental, para el año 2010 se presenta un PIB de $701 mil millones (todos los valores a precios constantes del 2005), en el área de estudio seleccionada para esta investigación se dimensionó un PIB de $630 mil millones, de los cuales por efecto de la inundación son afectados $89,8 miles de millones, esto significa una afectación en el año del 14,3% del PIB.

Tabla 56. Producto Interno Bruto (PIB), PIB afectado y porcentaje del PIB afectado del departamento de San Andrés y Providencia.

Rama de Actividad económica	Total			SA			PSC		
	PIB	PIB AF.	% AF.	PIB	PIB AF.	% AF.	PIB	PIB AF.	% AF.
Actividades complementarias y auxiliares al transporte; actividades de agencias de viajes	8,0	2,0	24,4	6,5	1,7	25,8	1,5	0,3	18,6
Actividades de asociaciones; actividades de esparcimiento y actividades culturales y deportivas; otras actividades de servicios de mercado	26,0			26,0	0,0	0,0			
Actividades de asociaciones; actividades de esparcimiento y actividades culturales y deportivas; otras actividades de servicios de no mercado	8,0	1,0	12,8	5,3	0,9	17,6	2,7	0,1	3,2
Administración pública y defensa; seguridad social de afiliación obligatoria	86,0	13,6	15,8	72,0	13,3	18,4	14,0	0,3	2,4
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	11,0	1,0	8,7	10,3	1,0	9,4	0,7	0,0	0,0
Captación, depuración y distribución de agua	4,0	0,2	5,9	4,0	0,2	5,9			
Comercio y reparación	120,0	20,4	17,0	104,3	20,4	19,5	15,7	0,0	0,2
Correo y telecomunicaciones	17,0	9,3	54,6	17,0	9,3	54,6			
Educación de mercado y de no mercado	22,0	3,5	15,8	18,1	3,5	19,0	3,9	0,0	0,9
Eliminación de desperdicios y aguas residuales, saneamiento y actividades similares	2,0			1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0

Rama de Actividad económica	Total			SA			PSC		
	PIB	PIB AF.	% AF.	PIB	PIB AF.	% AF.	PIB	PIB AF.	% AF.
Establecimientos financieros, seguros, actividades inmobiliarias y servicios a las empresas	68,0	8,7	12,8	63,1	8,3	13,1	4,9	0,5	9,5
Generación, captación y distribución de energía eléctrica	26,0	2,3	8,9				26,0	2,3	8,9
Hoteles, restaurantes, bares y similares	142,0	14,0	9,9	106,2	12,8	12,1	35,8	1,2	3,3
Servicios sociales y de salud de mercado	13,0	1,9	14,9	9,9	1,8	17,8	3,1	0,2	5,5
Industria Manufacturera	11,0	1,8	16,6	11,0	1,8	16,6			
Transporte por vía aérea	66,0	3,3	5,0	66,0	3,3	5,0			
Otros		6,8							
Total	**630,0**	**89,9**	**14,3**	**520,9**	**78,2**	**15,0**	**109,1**	**4,9**	**4,5**

En el informe Stern se estima que los costos generales y riesgos del cambio climático a nivel mundial son equivalentes a la pérdida del 5% del PIB global de manera consecutiva cada año, y si se presenta un escenario con condiciones de riesgo e impactos más altos, podría afectarse el 20% o más cada año (Stern, 2007). haciendo un comparativo de esta situación global con el departamento, podemos observar una afectación mayor al contexto inicial de 5% estimado por Stern a escala global, y está asociado a las características propias de sensibilidad de este territorio insular, en el que la mayor cantidad de actividades económicas y población se encuentran asentados en el litoral, con alta exposición a las inundaciones de distinto tipo, y con limitaciones en el crecimiento económico y en el desarrollo de este territorio.

Los mayores impactos para el departamento, en términos absolutos se observan para la actividad de Comercio y Reparación, donde se podrían tener pérdidas de $20,4 mil millones, seguido por Hoteles, Restaurantes y Bares que podrían presentar pérdidas de $14 mil millones. La Administración Pública y Defensa con $13,6 miles de millones en posibles pérdidas, en la actividad de Correo y Telecomunicaciones con pérdidas de $9,3 mil millones, y $8,7 mil millones en los establecimientos financieros, seguros, actividades inmobiliarias y servicios a las empresas (Tabla 56).

Para la isla de San Andrés, son afectados 78,2 mil millones por inundación, los mayores impactos son ocasionados para la actividad de Comercio y Reparación, en donde se estima pérdidas anuales de $20,4 mil millones, esta es la actividad sobre la que más se generan pérdidas, situación que se presenta porque esta actividad se encuentra concentrada en la cabecera municipal en zonas de posible inundación. En orden de afectación, la segunda actividad con mayores impactos es la Administración Pública y Defensa; seguridad social, actividad relacionada con las instalaciones públicas como la gobernación, alcaldía, instalaciones de policía, entre otras, esta actividad puede verse impactada en $13,3 mil millones (Tabla 56). Otra de las actividades de mayor importancia económica y con alto impacto, es la actividad de Hoteles, Restaurantes, Bares y Similares, en donde se presentan pérdidas de $12,8 mil millones, esta actividad presenta un alto impacto por su característica de ubicación en el litoral en donde se encuentran los principales atractivos

turísticos de la isla, y la infraestructura hotelera. En la actividad de Correo y Telecomunicaciones, y en la actividad de Establecimientos Financieros, seguros, actividades inmobiliarias, y servicios a las empresas se pierden en cada una de ellas más de $8 mil millones al año (Tabla 56).

Al observar al municipio de Providencia y Santa Catalina, que tiene una menor participación del PIB departamental, se ven afectados por la inundación $4,9 mil millones al año. De los cuales, la mayor afectación se observa para la actividad de Generación, Captación y Distribución de Energía Eléctrica, con pérdidas anuales de $2,3 mil millones al año, esta situación se presenta porque la planta de dotación de energía eléctrica del municipio se encuentra localizada en un área inundable, la cual puede sufrir cuantiosas pérdidas. La segunda actividad con mayores impactos es de Hoteles, Restaurantes, Bares y similares que alcanza pérdidas de $1,2 mil millones al año, las cuales se verán afectadas por la pérdida de playas e infraestructura hotelera (Tabla 56).

Los impactos señalados en este trabajo sobre el PIB son aproximaciones basadas en el modelo de inundación y los supuestos dentro de los cuales fueron evaluados, en este análisis no son incluidos los impactos indirectos de la inundación, como la pérdida de eslabones en la cadena de valor, pérdida de capacidades de clúster, o el efecto sobre los stock de capital y mano de obra.

Impacto sobre la población flotante

La gran dinámica e importancia que representa la actividad turística y comercial para las islas, representa otro factor de riesgo de sufrir impactos por el aumento del nivel del mar, la concentración de población local en las zonas expuestas conlleva al aumento de la vulnerabilidad, si a esto se agrega el gran flujo de población flotante que ingresa a las islas y que demanda bienes y servicios que ocasionan mayor presión sobre los ecosistemas. La población local del departamento para el año 2013 equivale a 75.167 personas, y solo en diciembre del año 2013 el número de llegadas de personas (visitantes) alcanzaba los 72.638, es decir que el número de turistas en un mes puede ser similar a la población flotante, y durante todo el 2013 se alcanzó un ingreso de 678.850 personas, estas cifras nos permiten observar que la población flotante presenta una gran participación en la demanda de recursos de la isla, consolidándose en un factor que puede aumentar los impactos del aumento del nivel del mar. Al observar la tendencia del comportamiento del ingreso de personas a través del año, se observa que los meses en los que pueden presentarse mayores impactos a la población flotante es principalmente en Diciembre – Enero, y en el mes de Junio, cuando se presenta el mayor flujo de turistas (Figura 159).

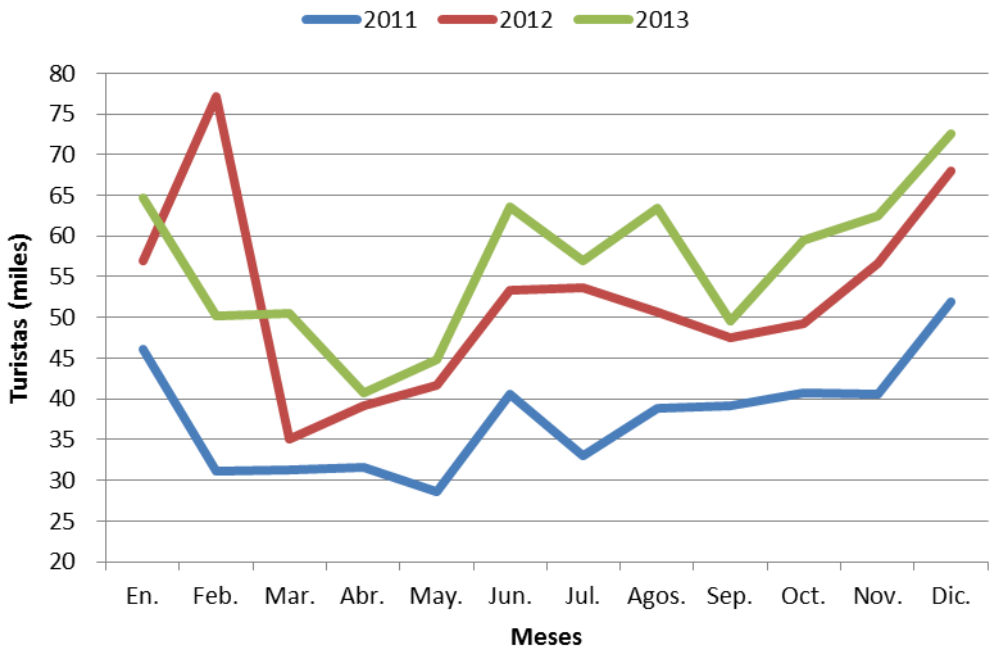


Figura 159. Número de turistas mensuales llegados en el departamento de San Andrés y Providencia (2011-2013)

Fuente: Secretaria de Turismo del departamento de San Andrés

Impacto de la erosión costera

La erosión costera puede ocasionar grandes impactos en el subsistema social y económico, la pérdida de playas, infraestructura turística y recreacional, viviendas, cultivos, y activos en general ubicados en la costa llevan a que esta sea una de las principales amenazas, la cual afecta de manera directa a los elementos ubicados en el litoral costero, a continuación se presenta el análisis de afectación de la erosión costera a los usos del suelo que se encuentran ubicados en la zona de influencia de la amenaza de erosión.

En la isla de San Andrés los usos del suelo con mayor afectación por la amenaza de erosión se observa en las actividades de turismo y recreación, existen 3.144 m de uso turístico y recreacional, y 553 m de uso turístico con alta erosión, se presentan 483 m sin uso aparente, y 78 m de uso habitacional, con erosión alta (Tabla 57).

Teniendo en cuenta, los distintos niveles de erosión, la isla de San Andrés presenta mayores efectos por la erosión costera en el sector turístico, el 35% del litoral de uso turístico y recreacional se encuentra con alta erosión, y el 19% con erosión media, de igual forma el uso turístico presenta alta erosión en el 16% de la costa, teniendo en cuenta que el turismo es la principal actividad económica de la isla, esta degradación del litoral ocasionará altas pérdidas de la infraestructura, así como de playas de interés turístico, que pueden disminuir los ingresos y empleos del sector (Figura 160).

Tabla 57. Longitud (en metros) de usos del suelo según nivel de erosión en la isla de San Andrés.

Usos	Erosión alta (m)
Habitacional	78

Usos	Erosión alta (m)
Protección de erosión	110
Sin uso aparente	483
Turístico	553
Turístico y recreacional	3.144
Total	**4.368**

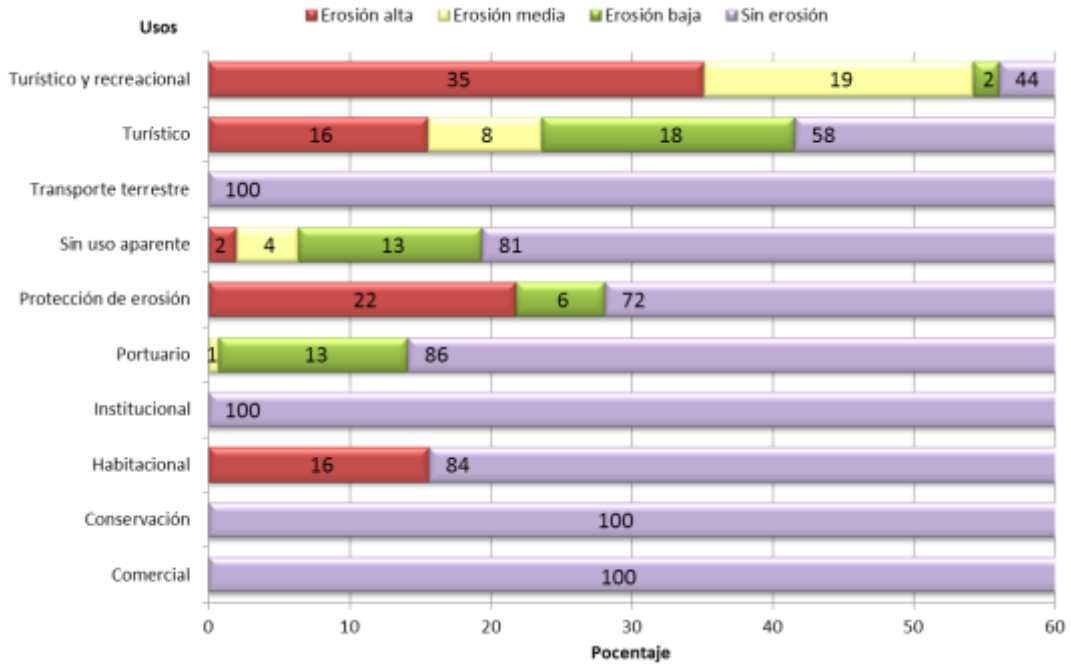


Figura 160. Porcentaje de usos afectados según nivel de erosión en la isla de San Andrés.

En las porciones de costa donde existen obras de protección contra la erosión, se presentan una muy alta erosión (22%), este escenario es crítico, pues están en constante amenaza elementos de importancia económica. En las áreas de uso habitacional se presenta un impacto considerable, puesto que el 16% está afectado por erosión alta, lo que conlleva a la pérdida de viviendas y áreas de tejido urbano (Figura 160).

En Providencia y Santa Catalina el uso turístico y recreacional es el que presenta la mayor longitud afectada con 1.516 metros de línea de costa con alta erosión. Otras áreas sin uso aparente presentan erosión alta en 387 m (Tabla 58).

Tabla 58. Longitud (en metros) de usos del suelo según nivel de erosión en Providencia y Santa Catalina.

Usos	Erosión alta (m)
Sin uso aparente	387
Turístico y recreacional	1.516
Total	**1.903**

Los usos más afectados por la erosión, como ya se mencionó anteriormente se presentan en el uso turístico y recreacional, y en las zonas sin uso aparente. Sin embargo, también se observa erosión media en el uso portuario (23%), uso habitacional (21%), ganadero (100%), de igual forma, se presenta erosión baja en los otros usos del suelo, con excepción del uso de conservación en el litoral que no presenta erosión (Figura 161).

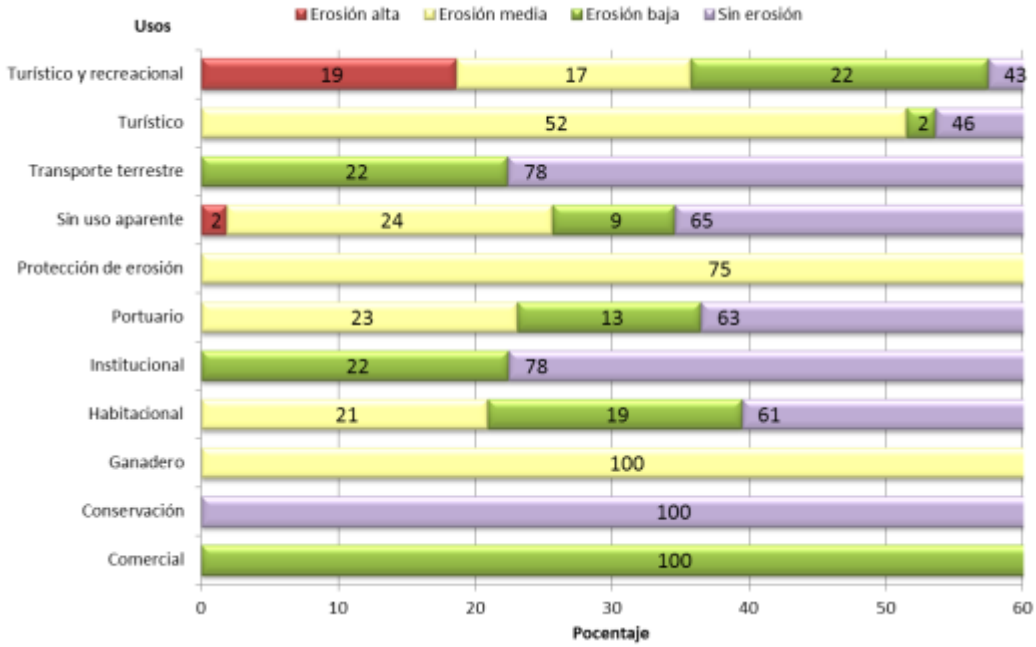


Figura 161. Porcentaje de usos afectados según nivel de erosión en Providencia y Santa Catalina.

Impacto sobre la salud

Las principales enfermedades transmitidas por vectores que presentan una relación con el cambio climático son la malaria y el Dengue. De igual forma, las principales características socio-económicas que determinan la variación geográfica en el impacto del cambio climático sobre el dengue son: 1. aumento de los cortes y costos del agua, 2. densidad de personas y desplazamientos, y 3. Tamaño de vivienda y cantidad de precipitación (INS, 2011).

Para el departamento se observa un aumento entre el 2010 y 2011 de la tasa de incidencia por dengue clásico y severo al pasar del valor de 20 casos y una tasa de 38,01 en el 2010, a una tasa de 369,25 con 197 casos en el 2011 (Asívamosensalud.org, 2012). También se presentan riesgos de otras enfermedades de tipo vectorial y Zoonótico, como la malaria, chagas, fiebre amarilla, leptospirosis, cisticercosis, rabia humana y toxoplasmosis, estas ocasionadas por factores de riesgo antrópicos y ambientales (Alcaldía de San Andrés, 2012).

La incidencia del Dengue puede aumentar debido a las características socioeconómicas cambiantes del departamento mencionadas por el INS (2011), y que puede llevar al aumento de las enfermedades transmitidas por vectores, para el caso del departamento principalmente el dengue, que se presenta de manera endémica en el territorio. Las características de la isla de San Andrés en términos de enfermedades, en este caso el dengue, presenta una morbilidad diferente, puesto que la gran parte de casos de dengue se presentan en la isla de San Andrés, mientras en

Providencia y Santa Catalina la tasa de incidencia alcanza un valor igual a 0 de manera consecutiva.

Análisis de los impactos: una mirada desde la gestión de riesgos

A continuación se presenta diferentes impactos identificados para el fenómeno de la inundación y la erosión, a partir del análisis de los riesgos, con los diferentes instrumentos de recopilación de información; encuestas y a partir del diagnóstico participativo. En donde se presentan los siguientes resultados.

Según el diagnóstico participativo se observó que las causas de las inundaciones son principalmente: el desborde de río principal, el encharcamiento de las aguas lluvias en lugares de asentamientos humanos y los aportes laterales de los afluentes, los que ocasionan efectos en la pérdida de bienes materiales y vidas, y en dificultades para las actividades económicas; afectación de cultivos, y las áreas de pasto para ganadería, y en la pesca se disminuye la productividad pesquera (Tabla 59).

Tabla 59. Amenazas, causas y efectos de la inundación y la erosión en del departamento de San Andrés.

AMENAZAS	CAUSAS	EFECTOS
Inundaciones	Desborde del río principal	Además de las pérdidas en bienes materiales y vidas, se presentan problemas en las actividades económicas, tales como la afectación de cultivos y áreas de pasto para ganadería. También se rompe el balance hídrico del área, generando a su vez, una sustancial disminución de la productividad pesquera al reducirse las migraciones reproductivas y la oferta de nutrición de los peces de importancia comercial.
	Encharcamiento por aguas lluvias	
	Aportes laterales de afluentes	
Erosión	Naturales	Degradación de los suelos, pérdida de fertilidad, aumento de la lixiviación en épocas lluviosas, pérdida de retención de las aguas, ocasionando que muchos arroyos y quebradas no tengan agua en los periodos secos, en tanto que en épocas de lluvias, las capas de materia orgánica expuestas al impacto de estas, sean arrastradas.
	Antrópicas	

Fuente: PDGR (2012).

Los impactos sobre las vidas humanas en el archipiélago por los riesgos asociados al clima, según Desinventar y los registros departamentales hasta el año 2012, ascienden a 10 personas fallecidas en los años: 1985, 1987, 2010, 2011 y 2012, y 3 desaparecidos en el año 2012 (PDGR, 2012).

Entre otro de los impactos identificados desde la gestión de riesgos, se observó que la población afectada por el fenómeno de la Niña (2010-2011) en el Departamento, ha sido, de manera directa e indirecta toda la población de estos territorios insulares. Para la isla de San Andrés, una de las causas de la problemática de las inundaciones es la ineficacia del sistema de alcantarillado pluvial, lo que permite la acumulación de aguas en las vías, otra causa, es el inadecuado manejo de residuos sólidos, que por la acumulación de estos residuos o material vegetal taponan u obstruyen los desagües. Para el municipio de Providencia y Santa Catalina, se derrumbaron los extremos y la parte central de una obra ingenieril realizada por Coralina en el sector de Bottom House, lo que

ocasionó pérdidas en la población, en la actividad económica y en la inversión municipal (CORALINA, 2011).

CORALINA (2011) realizó una encuesta con representatividad estadística en el Departamento para conocer los efectos de la ola invernal 2010 a enero de 2011, para lo cual encontró que la mayor afectación durante el año 2010 se presentó el día 21 de Octubre por la influencia del fenómeno natural tormenta Tropical Richard. A partir de la encuesta realizada se identificó en la isla de San Andrés, que el 4,1% de los encuestados sufrió pérdidas o daños de bienes inmuebles (casa, lote, finca, etc.), las pérdidas para cada hogar fueron inferiores a $10 millones. En servicios públicos, el 67,12% de las personas indican que se interrumpieron los servicios públicos, el 47% presentó problemas de alcantarillado y el 35% con el acueducto, solo el 18% con la energía.

En Providencia y Santa Catalina, por efecto de la ola invernal, el 80% de las familias sufrieron daños o pérdidas de sus viviendas y de bienes inmuebles, el mayor grupo de personas afectadas se encuentran en los barrios Bottom house, Old Town y Baily. En la actividad agropecuaria el 20% de las familias tuvo pérdidas. Por interrupción de los servicios públicos sufrieron el 20% de las familias (CORALINA, 2011).

En cuanto a las pérdidas en términos monetarios ocasionadas por la ola invernal en los hogares, se observó que el mayor porcentaje de población en la isla de San Andrés (58,8%) sufrió pérdidas menores a $500.000, mientras para el caso de Providencia y Santa Catalina la mayor cantidad de población (36,4%) tuvo pérdidas entre $1.000.000 y $2.000.000, resulta considerable para PSC que el 27,3% de la población tuvo pérdidas superiores a los $3.000.000 (Figura 162).

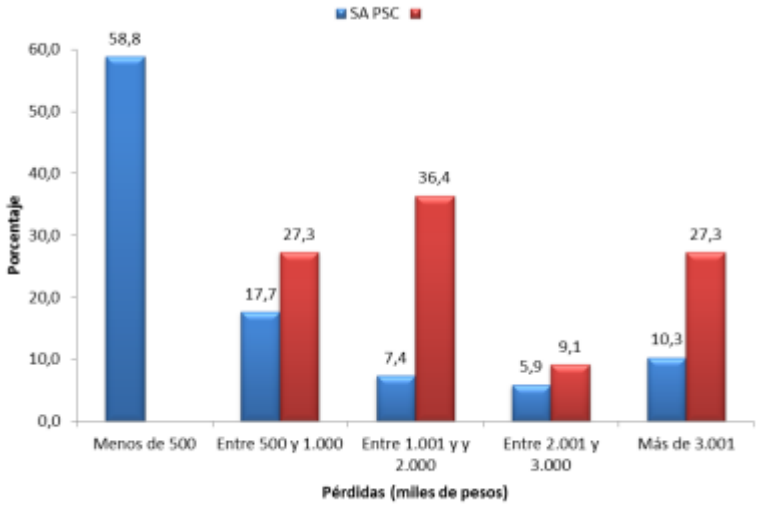


Figura 162. Porcentaje de población según pérdidas ocasionadas por la ola invernal en el año 2010 y enero del 2011 (CORALINA, 2011).

Vulnerabilidad socioeconómica actual

Este es el resultado del cruce de los niveles de sensibilidad de los subsistemas sociales y económicos obteniendo como resultado la sensibilidad socioeconómica integrada, la cual se asocia con los niveles de exposición al cambio climático por el aumento del nivel del mar, y se tiene como producto la vulnerabilidad actual. Estas interacciones permiten identificar distintas circunstancias que en definitiva son resumidas en los niveles de vulnerabilidad, así, áreas que presentan alta

vulnerabilidad, están asociadas a zonas en donde la población residente presenta condiciones de vida precarias o áreas con alta importancia económica en términos de los aportes al PIB, además son zonas que presentan alta exposición a la inundación. Lo cual lleva a considerar, que existen polígonos en donde puede existir alta sensibilidad social y económica integrada, pero presenta muy baja exposición, o no es expuesto, lo cual lleva a considerar a estas zonas con baja vulnerabilidad ante la inundación, lo cual puede cambiar ante la exposición frente a otra amenaza climática. De igual forma, pueden existir áreas que presentan alta exposición, pero su sensibilidad social y económica es baja, lo que lleva como resultado a una vulnerabilidad baja, así, es posible considerar que estas poblaciones tienen mayor resiliencia a los efectos del cambio climático.

En la isla de San Andrés el 12,5% del territorio analizado presenta "muy alta" vulnerabilidad socioeconómica, el mayor porcentaje de áreas vulnerables se encuentra en vulnerabilidad "alta" (14,3%), el restante de áreas vulnerables que se encuentran con la denominación por debajo de "alta" alcanza el 36,5%, el restante 36,7% de la isla, que aunque presenta distintos niveles de sensibilidad no presenta exposición a la inundación, por lo tanto no se encuentra afectada. Para Providencia y Santa Catalina, la mayor parte del territorio se encuentra con vulnerabilidad muy baja (26,4%), y solo el 0,7% presenta "muy alta", y el 1,4% alta. El 55% no es afectada por la inundación, de este modo podemos observar que en términos de áreas afectadas (Figura 163), en San Andrés se presentan los mayores niveles de vulnerabilidad, lo que corresponde a las condiciones sociales de la isla y a las condiciones geográficas que produce distintos niveles de exposición.

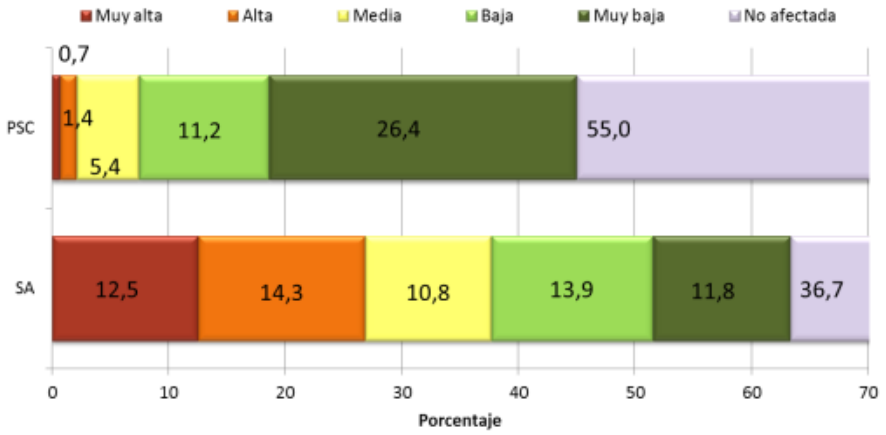


Figura 163. Porcentaje de áreas según nivel de vulnerabilidad socioeconómica en la isla de San Andrés (SA), y Providencia y Santa Catalina (PSC).

A partir de la Tabla 60 podemos observar la relación entre la exposición y los niveles de sensibilidad socioeconómica integrada, y el producto de esta interacción, que es la vulnerabilidad socioeconómica.

Para la isla de San Andrés, las áreas con "muy alta" vulnerabilidad están asociadas en su mayoría a áreas con "muy alta" sensibilidad socioeconómica y "media" exposición (216,2 ha), esta característica nos muestra que principalmente este nivel de vulnerabilidad se presenta por las condiciones sociales y económicas de estos polígonos. También, el mayor número de áreas con "alta" vulnerabilidad (103,6 ha) están asociadas a "alta" sensibilidad socioeconómica, y con niveles

de "alta" exposición, de este modo, podemos resumir que el mayor número de áreas con vulnerabilidad superior a media se relacionan principalmente con sensibilidad socioeconómica "muy alta" como se mencionó anteriormente (Tabla 60).

Para Providencia y Santa Catalina, las áreas con vulnerabilidad "muy alta" presentan "muy alta" exposición con sensibilidad "muy alta" y media. La vulnerabilidad "alta" se encuentra en su mayoría una exposición "alta" con sensibilidad media. Las áreas con vulnerabilidad "muy baja" que es la mayor cantidad del territorio del municipio, presentan "baja" y "media" sensibilidad socioeconómica acompañado de "muy baja" exposición (Tabla 61).

Tabla 60. Áreas (hectáreas) con vulnerabilidad socioeconómica según nivel de sensibilidad socioeconómica y exposición de la isla de San Andrés.

Exposición	Calificación	Sensibilidad sistema social y económico integrada					Total
		Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja	
	Muy alta	10,6	3,3	2,2	66,7	1,8	84,7
	Alta	24,5	103,6	39,8	53,5		221,5
	Media	216,2	9,6	41,9	7,8	0,3	275,8
	Baja	73,9	37,2	187,4	43,3	0,4	342,1
	Muy baja	87,9	45,8	221,3	15,5	3,9	374,3
	No afectada	29,7	382,8	125,3	204,4	10,9	753,1
Total		**442,8**	**582,2**	**682,1**	**327,1**	**17,3**	**2051,5**

Color / nivel de vulnerabilidad	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja	No afectada

Tabla 61. Áreas (hectáreas) con vulnerabilidad socioeconómica según nivel de sensibilidad y exposición en Providencia y Santa Catalina.

Exposición	Calificación	Sensibilidad sistema social y económico integrada					Total
		Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja	
	Muy alta	5,6		5,7			53,8
	Alta			16,2			
	Media		0,9	25,7	117,1		
	Baja	5,0		58,2			
	Muy baja	58,5		243,8	170,1		
	No afectada	80,7	41,4	106,0	6,9	628,6	1516,7
Total		**149,8**	**42,3**	**455,6**	**294,1**	**628,6**	**1570,6**

Color / nivel de vulnerabilidad	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja	No afectada

Ahora, ¿dónde se encuentran las áreas con mayor vulnerabilidad?, a partir de la información del Figura 164 y Figura 165 podemos responder esta pregunta. Para la isla de San Andrés las zonas con muy alta vulnerabilidad se concentran en el sector de San Andrés Bay y Sound Bay, donde precisamente se observan una gran área inundable, también se observan polígonos con "muy alta" vulnerabilidad en el centro de la cabecera municipal, zonas relacionadas con comercio, transporte y correo. Con "Con alta" vulnerabilidad se identifica en la cabecera municipal la zona del aeropuerto y su periferia al este, principalmente en el centro de la cabecera municipal, también se presenta un gran extensión de área con "alta vulnerabilidad en la zona de Cocoplum Bay y Smith Chanel. A través del mapa de vulnerabilidad se observa que la zona este de la isla de San Andrés presenta mayor vulnerabilidad frente a la inundación, teniendo en cuenta que grandes extensiones de la zona oeste no son afectadas por la inundación por el alto relieve (Figura 164).

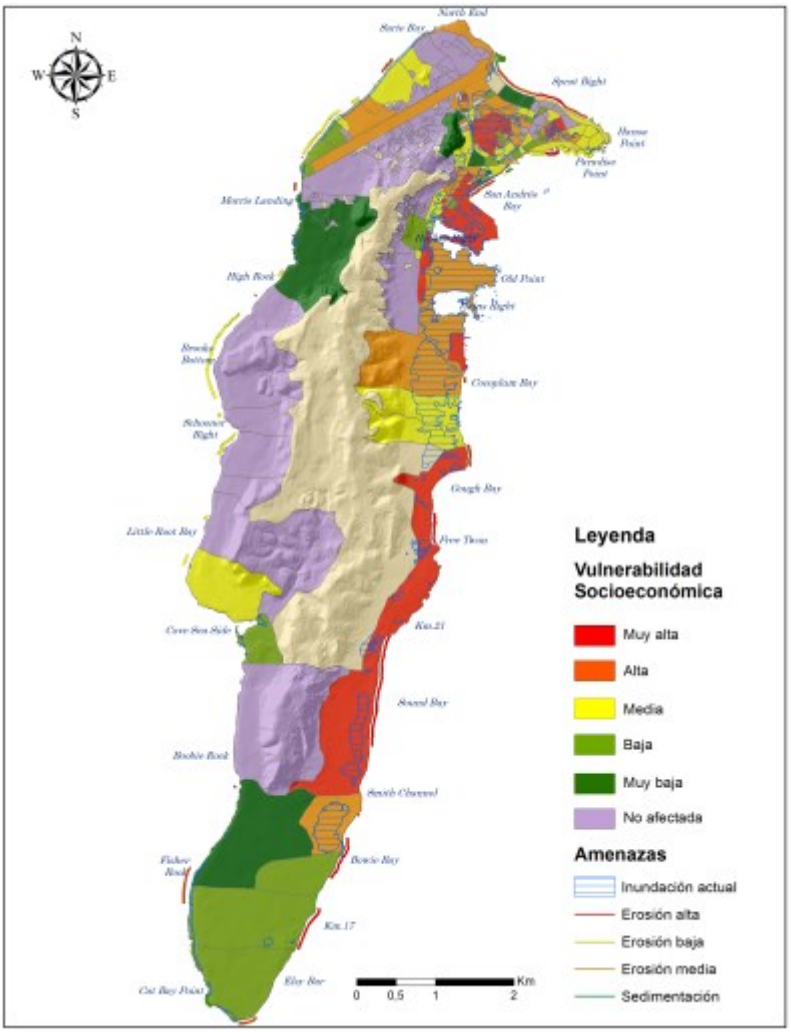


Figura 164. Mapa de vulnerabilidad socioeconómica de la isla de San Andrés.

En Providencia y Santa Catalina las áreas con "muy alta" vulnerabilidad se presentan en donde se encuentra ubicada la empresa generadora de energía; por eso esta zona es catalogada como

vulnerable; adicional a esas áreas ubican lugares de uso institucional y de uso turístico, en el sector de Old Town Bay.

Sectores con "alta" vulnerabilidad son lo que se encuentran hacia Winston Bay y en Fellow point, al igual en Warwick Fort. En Santa Catalina se presenta "muy baja" vulnerabilidad en la mayor parte del área de estudio; pero en el sur del centro poblado se presenta vulnerabilidad "alta".(Figura 165).

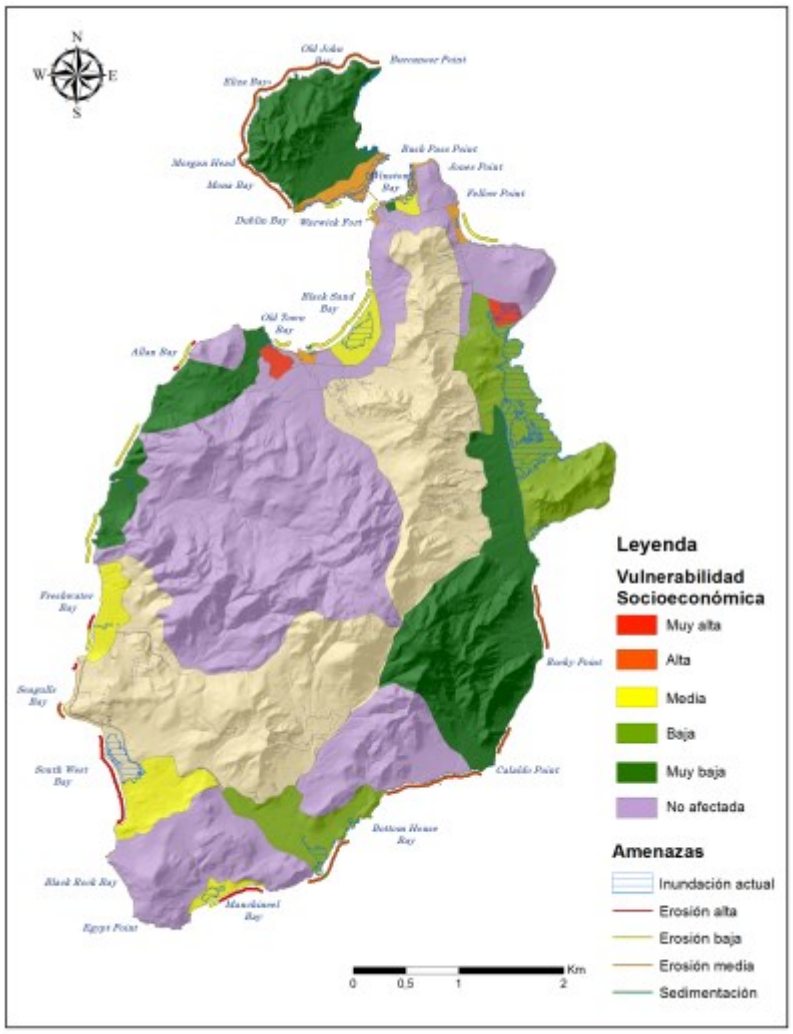


Figura 165. Mapa de vulnerabilidad socioeconómica de la isla de Providencia.

2.6. EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD A FUTURO (ESCENARIO)

2.6.1. *Impactos al sistema Físico*

2.6.1.1. Impactos de la erosión costera y retroceso de playas

De acuerdo con un estudio de Roatta (2007) específicamente para el caso colombiano, los sistemas naturales como las playas y marismas serían los más afectados por la erosión producto

del aumento en el nivel del mar, lo cual implicaría la continua reducción en la extensión de las playas arenosas de las islas al aumentar la incidencia de los procesos erosivos.

Las alteraciones de este ecosistema traen consigo la afectación de unidades paisajísticas, del equilibrio ecosistémico, de las actividades turísticas, asentamientos humanos, infraestructura urbana y rural pública y privada entre otros, con grandes implicaciones económicas.

En términos de infraestructura se podrían esperar afectaciones de la malla vial cercana a la costa principalmente en la vía circunvalar de la isla de San Andrés, generando desplazamiento urbanístico debido a que su diseño actual no tiene en cuenta su cercanía al mar, lo que implicaría su gradual deterioro y la necesidad de mayores inversiones en su mantenimiento.

El progresivo asenso del nivel del mar y su irrupción en la línea de costa, podría ocasionar inundaciones o anegaciones permanentes sobre edificaciones hoteleras, corredores turísticos y viviendas rurales, requiriéndose mecanismos de protección y por ende recursos de inversión, que en la actualidad se están direccionado para menguar los impactos actuales, traduciéndose esto en continuas inversiones a futuro.

A la luz de los resultados de las tendencias observadas se concluye que se producirá un aumento total de la cota de inundación en todo el litoral inducido principalmente por el aumento del nivel medio del mar. Sin embargo, sectores como la costa oriental y occidental de la isla de San Andrés, costa nor- occidental y nor oriental de la isla de Providencia y costa sur oriental de la isla de Santa Catalina, presentarán un aumento mayor que en el resto del litoral debido a la reducida pendiente de las zonas litorales adyacentes a las playas.

Otro efecto en las playas es el retroceso de la línea de costa. Las playas constituidas por arenas más finas y mayores profundidades de corte, es decir, las que reciben las olas más grandes, serán aquellas que experimenten el mayor retroceso.

Desde otro punto de vista, se ha establecido que a medida que el nivel del mar se eleva, las playas sin alteración antrópica, se adaptan rápidamente a los procesos erosivos mediante el retroceso de la línea de costa y el ajuste de la playa hacia una nueva posición de equilibrio. Sin embargo, en sectores de intensa ocupación de la costa, esta posición de equilibrio no se alcanza debido a la presencia de estructuras de protección que alteran los procesos naturales, y son el principal factor de erosión a escala local (Zhang *et al.*, 2004 en Olivo-Garrido *et al.*, 2012).

A continuación se presenta una descripción sectorial de los impactos generados en las zonas con procesos de erosión costera en la Isla de San Andrés para el escenario futuro (Tabla 62 y Mapa No. 7).

Tabla 62. Descripción de los impactos generados en las zonas con procesos de erosión costera en la Isla de San Andrés para el escenario futuro.

Sector	Descripción	Impactos	Grado de vulnerabilidad física
Punta hansa	Erosión costera alta	Incremento del impacto en los procesos erosivos identificados en el escenario actual como de carácter bajo y alto, en los sectores de borde costero limitados por la Av. Newball desde el sector del Edificio SENA, borde insular hacia el norte de punta	ALTA

Sector	Descripción	Impactos	Grado de vulnerabilidad física
		hansa hasta el sector de Big Point, en la peatonal.	
Cocoplum Bay	Erosión costera alta	Incremento del impacto en los procesos erosivos identificados en el escenario actual como de carácter alto, en toda la franja litoral del borde costero desde Nueva Guinea hacia el norte hasta Cocoplum Bay en cercanías a la intersección de la vía a Loma Naranja.	ALTA
Gough Bay - Free Town - Km 21	Erosión costera alta	Incremento del impacto en los procesos erosivos identificados en el escenario actual como de carácter alto, en toda la franja litoral del borde costero desde la iglesia San José hacia el norte hasta el sector de Little Hill.	ALTA
Smith Channel – Sound Bay	Erosión costera alta	Incremento del impacto en los procesos erosivos identificados en el escenario actual como de carácter alto, en toda la franja litoral del borde costero desde el sector de Tom Hooker hacia el norte hasta Sound Bay Road.	ALTA
Bowie Bay – Km 17	Erosión costera alta	Incremento del impacto en los procesos erosivos identificados en el escenario actual como de carácter alto, en toda la franja litoral del borde costero desde el sector de Elcy Bar hacia el norte hasta la vía a Tom Hooker.	ALTA
Elcy Bar	Erosión costera alta	Incremento del impacto en los procesos erosivos identificados en el escenario actual como de carácter alto, en toda la franja litoral del borde costero del sector de Elcy Bar.	ALTO
Cat Bay Point - Fisher Rock	Erosión costera baja a media	Incremento del impacto en los procesos erosivos identificados en el escenario actual como de carácter medio y en algunos sectores nulo, en toda la franja litoral del borde costero desde el sector del Hotel Sunset hacia el norte hasta Fisher Rock	MEDIA
Pox Hole – Massaly	Erosión costera baja a media	Incremento del impacto en los procesos erosivos identificados en el escenario actual como nulo, en toda la franja litoral del borde costero desde Pox Hole hacia el norte hasta Massaly	MEDIA
Cove Sea Side	Erosión costera baja a media	Incremento del impacto en los procesos erosivos identificados en el escenario actual como nulo, en toda la franja litoral del borde costero desde Polly Hill hacia el norte hasta el sector del Hotel el Cove.	MEDIA

Sector	Descripción	Impactos	Grado de vulnerabilidad física
Little Root Bay- Schooner Bight- Brooks Bottom- Morrislanding	Erosión costera baja a media	Incremento del impacto en los procesos erosivos identificados en el escenario actual como nulo, en toda la franja litoral del borde costero desde Little Root Bay hacia el norte hasta la Cabecera de la pista de aterrizaje del aeropuerto.	MEDIA

A continuación se presenta una descripción sectorial de los impactos en el escenario futuro generados en las zonas con procesos de erosión costera en las Islas de Providencia y Santa Catalina (Tabla 63 y Mapa No. 7).

Tabla 63. Descripción de los impactos generados en las zonas con procesos de erosión costera en las Islas de Providencia y Santa Catalina para el escenario futuro.

Sector	Descripción	Impactos	Grado de vulnerabilidad física
Fellow Point – Jones Point	Erosión costera baja a media	Incremento del impacto en los procesos erosivos identificados en el escenario actual como erosión baja, en toda la franja litoral del borde costero desde el sector de San Juan hacia el sur hasta el sector de Montain.	**MEDIA**
Bayley Spring – Rocky Point	Erosión costera media a alta	Incremento del impacto en los procesos erosivos identificados en el escenario actual como erosión media, en toda la franja litoral del borde costero desde la cabecera de la pista de aterrizaje del aeropuerto hasta el sector de Rocky Point	**ALTA**
Calaldo Point	Erosión costera media a alta	Incremento del impacto en los procesos erosivos identificados en el escenario actual como erosión media, en toda la franja litoral del borde costero desde el sector del Bluff hacia el sur hasta el sector de Claymount Plantation.	**ALTA**
Aguamansa – Manchineel Bay	Erosión costera media a alta	Incremento del impacto en los procesos erosivos identificados en el escenario actual como erosión media, en toda la franja litoral del borde costero desde el sector de Aguamansa hacia el sur pasando por Manchineel Bay, hasta el punto Egypt Point.	**ALTA**
Balck Rock Bay – South West – Sea Gulls Bay – Fresh Water Bay – San Felipe	Erosión costera Moderada a Alta	Incremento del impacto en los procesos erosivos identificados en el escenario actual como erosión media, en toda la franja litoral del borde costero desde Balck Rock Bay hacia el norte hasta San Felipe.	**ALTA**
John Taylor Landing	Erosión costera Baja	Permanencia del impacto en los procesos erosivos identificados en el escenario actual como erosión baja, en toda la franja litoral del borde costero del sector John Taylor Landing	**BAJA**
Allan Bay	Erosión costera Baja	Permanencia del impacto en los procesos erosivos identificados en el escenario actual	**BAJA**

Sector	Descripción	Impactos	Grado de vulnerabilidad física
		como erosión baja, en toda la franja litoral del borde costero del sector Allan Bay	
Old Town Bay – Balck San Bay-Warwick Fort	Erosión costera baja a media	Incremento del impacto en los procesos erosivos identificados en el escenario actual como erosión baja, en toda la franja litoral del borde costero desde Bay – Balck San Bay hasta Warwick Fort	**MEDIA**
Santa Catalina: Boyack - Leshere	Erosión costera baja a media	Incremento del impacto en los procesos erosivos identificados en el escenario actual como erosión baja, en toda la franja litoral del borde costero desde Boyack hasta Leshere.	**MEDIA**

En cuanto al análisis realizado se presenta en la Tabla 64 la clasificación de los segmentos que presentan erosión costera en la isla de San Andrés y la longitud de afectación de las mismas para el escenario futuro, se puede observar que según las estimaciones de longitudes, la erosión alta podría incrementar en un 21% y la media en un 31%, por otro lado la erosión baja y sedimentación presentaran disminuciones proporcionales con el incremento de zonas críticas, lo cual implicaría mayores afectaciones en la infraestructura pública y privada del borde costero.

Tabla 64. Clasificación tipo de erosión y longitud para San Andrés isla, escenario futuro.

Tipo de erosión	Longitud escenario actual(m)	Longitud escenario futuro(m)	% incremento o disminucion de longitud
Alta	3567,2	4319,07042	21,08
Media	2895,3	3803,51937	31,37
Baja	3666,8	2767,6499	-24,52
Sedimentación	378,1	207,571626	-45,10

Respecto a las islas de Providencia y Santa Catalina, se puede observar que según las estimaciones de longitudes, la erosión alta podría incrementar en un 152% y la media en un 159%, por otro lado la erosión baja y sedimentación presentaran disminuciones proporcionales con el incremento de zonas críticas.

Tabla 65. Clasificación tipo de erosión y longitud para Providencia y Santa Catalina islas.

Tipo de erosión	Longitud escenario actual(m)	Longitud escenario futuro(m)	% incremento o disminucion de longitud
Alta	1675,6	4230,7404	152,49
Media	1957,6	5079,24508	159,46
Baja	1903,0	1163,22521	-38,87
Sedimentación	64,7	0	-100

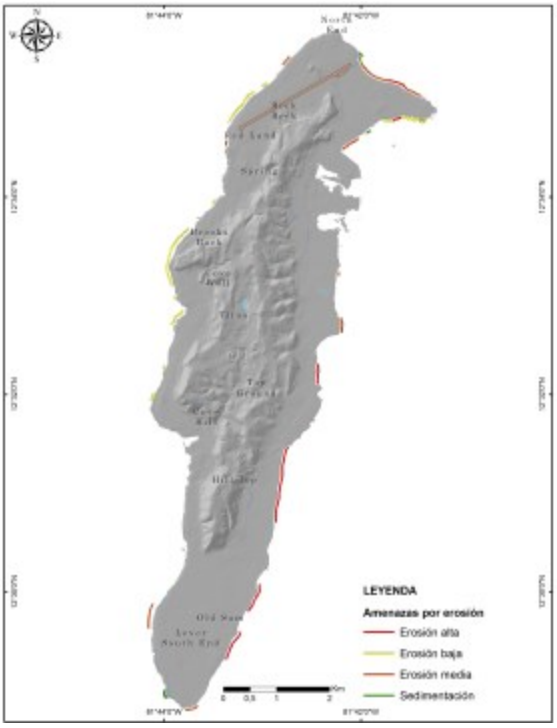


***Figura 166. Impactos de la erosión costera en la isla de San Andrés en el escenario futuro*.**

Figura 167. Impactos de la erosión costera en las islas de Providencia y Santa Catalina en el escenario futuro.

2.6.1.2. Impactos asociados a la salinización de acuíferos

La isla de San Andrés cuenta con un modelo numérico efectuado en el marco del Proyecto INAP, realizado por la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Minas. Escuela de Geociencias y Medio Ambiente para CORALINA en el año 2010, el cual se realizó por medio de la implementación del programa Visual-Modflow, versión Premium 2009.1, en donde se usaron métodos de diferencias finitas para simular flujo tridimensional permitiendo la evaluación del impacto de diferentes escenarios tales como condicionantes externos de Cambio Climático (aumento del nivel del mar, variación en las tasas de recarga y de bombeo), en conjunto con la explotación del acuífero.

En cuanto al análisis de la intrusión marina, se definió la posición inicial del lente de agua dulce y su interface para la modelación numérica por medio del análisis de conductividades y contenidos de Na y Cl en las muestras recolectadas en los piezómetros. En términos generales para los datos analizados se concluyó que se observaron concentraciones más bajas de cloruro en el nororiente respecto al resto de la isla, y que en general, se presentan menores concentraciones de cloruros en el oriente respecto al occidente, debido al amortiguamiento del arrecife al impacto y penetración del mar en el acuífero. En la parte occidental se presentan mayores efectos de cavernamiento que permiten una comunicación directa entre aguas dulces y salobres. Este comportamiento ha sido relacionado de acuerdo a la distribución de transmisividades en el subsuelo del Valle del Cove (Ángel, 1993 en CORALINA y Universidad Nacional, 2010), debido principalmente a la disminución progresiva de la transmisividad en la dirección SE-NW.

De acuerdo a análisis de toda la información existente sobre intrusión salina, se confirmó que a mayores alturas topográficas corresponden mayores profundidades de la interfaz, presentándose menores profundidades de la interfaz cerca al borde insular.

Por otro lado la interface agua dulce agua salada actual se calculó también por medio de la relación de Ghyben Herzbeg, obteniéndose que se profundiza de los bordes costeros hacia el centro de la isla con valores típicos de 5 m de profundidad en las áreas de playa y encontrándose el lente de agua dulce que flota sobre el agua salada bajo la formación San Andrés, a profundidades promedio de 150 m bajo el nivel del mar (Figura 168).

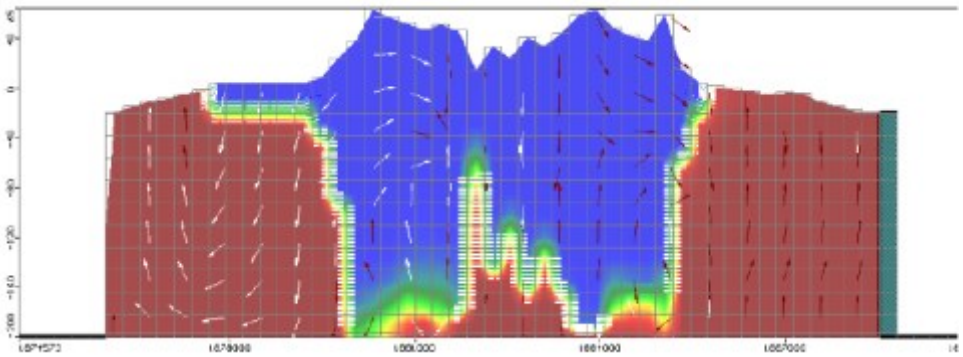


Figura 168. Vista en perfil de distribución de cloruros en la vertical en un perfil esquemático N-S (Tomado de CORALINA - Facultad de Minas, Universidad Nacional. 2010).

Para el procesamiento del modelo y su validación se realizó su calibración en estado permanente con información histórica de piezometría con los datos reportados por Planhidro (1974), para el

acuífero San Andrés en la zona del Cove y los reportados por Diezzman (1957) (tomado de CORALINA y Universidad Nacional, 2010) y la calibración en estado transitorio se realizó con información disponible para el período 2007-2008 de pozos de PROACTIVA y de la red de piezometría Norte, debido a que la información existente a la fecha presentaba grandes diferencias en el proceso de modelación y no correspondía a registros continuos.

Escenarios de cambio climático para el modelo numérico

Una vez fue calibrado el modelo en estado transitorio se establecieron escenarios de explotación y variación de condiciones de frontera de los acuíferos de acuerdo a planteamientos de las posibles consecuencias del Cambio Climático.

Variación de la recarga

Se planteó la hipótesis de un posible aumento de la recarga en la isla, ya que en los registros históricos de precipitación mensual de la estación Aeropuerto, se evidencia este comportamiento, por lo cual se simuló lo que sucedería en el acuífero bajo escenarios de aumento y disminución de la recarga dentro de los rangos -2% y +2%, -5% y +5%, y -10% y +10%, además se evalúo la respuesta de los niveles y las concentraciones de sal.

Bajo el escenario de +2%, los niveles mantuvieron una distribución semejante a la actual, es decir mayores alturas piezométricas al norte de la falla del Cove y menores al sur de la misma presentando un gradiente considerable. Este es un escenario favorable, dado que se presenta un equilibrio estable entre el bombeo actual y la recarga, con posibilidades de mayor explotación, se observa que el efecto de aumento de la recarga contiene el ascenso cónico de sal.

Bajo el escenario -2%, las alturas piezométricas en el Cove presentaron disminuciones aproximadas del 20% respecto a la condición inicial, hay un desequilibrio entre la recarga y el volumen de explotación. La salinidad para este escenario muestra concentraciones críticas en inmediaciones de algunos pozos del acueducto. La Figura 169 muestra el perfil de salinidad para el pozo 10, en donde el cono ascendente salino alcanza a penetrar hasta los 50m bajo el nivel del mar bajo el pozo.

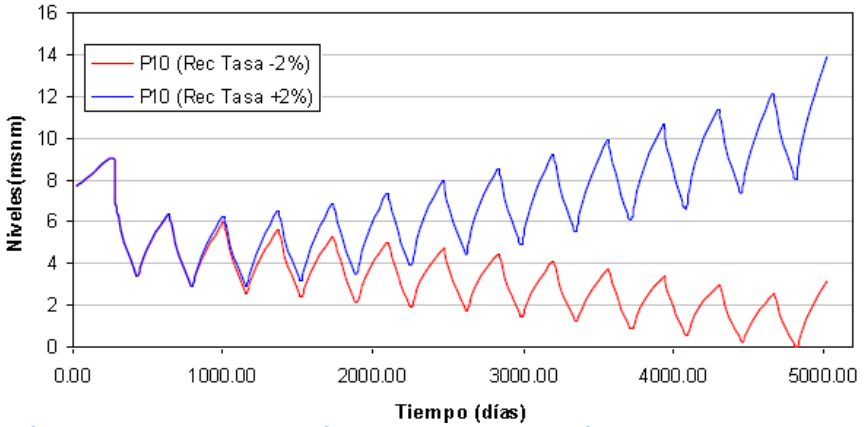


Figura 169. Variación en el tiempo de simulación de los niveles piezométricos (msnm) en el pozo 10 (tomado de CORALINA y Universidad Nacional, 2010).

Variación de las tasas de bombeo en el campo de operaciones de la cuenca del Cove

Para un escenario en el cuál se mantiene la tasa de recarga promedio y se aumentan las tasas de bombeo hasta alcanzar el caudal señalado (80 l/s), se encuentran abatimientos entre 6m y 9m en los pozos de la Cuenca del Cove al final del periodo de simulación respecto a la condición inicial, junto con el ascenso de un cono de sal en inmediaciones de algunos pozos del acueducto.

Si la recarga aumentará en un 2% anual y al mismo tiempo aumentaran las tasas de bombeo en un 2%, se establecería un equilibrio en los abatimientos y niveles del acuífero.

Variación del Nivel del Mar

En este estudio se hizo una estimación del impacto del aumento del nivel del mar sobre la isla con el modelo de elevación digital generado en el proyecto, evidenciándose que la zona oriente de la isla es la más afectada debido principalmente a las bajas pendientes que presentan; la menos afectada es la zona occidente.

Por otro lado en el modelo se simularon diferentes tasas de aumento del nivel del mar dentro de los 12 años de simulación, que se muestran en la Tabla 66, los cuales en todos los casos superan la tasa de incremento establecida en el presente estudio (2,3 mm/año, 5,98 cm para 2040).

Tabla 66. Escenarios de aumento del nivel de mar (tomado de CORALINA y Universidad Nacional, 2010).

Escenario	Aumento del nivel mar a 12 años(cm)	Recarga	Bombeo
1	+12	Manteniendo Promedio	Manteniendo Concesionado
2	+24	Manteniendo Promedio	Manteniendo Concesionado

Se concluyó de este análisis que el aumento del nivel del mar a la tasa evaluada no tiene mayor impacto sobre las aguas subterráneas de la cuenca del Cove, más si, sobre las del acuífero San Luís, esto se evidencia principalmente por el comportamiento de los niveles en ambas zonas (Figura 170), en donde se observa una estabilidad en el comportamiento en los niveles de un pozo típico en la cuenca (línea fucsia), respecto a un aumento progresivo en los niveles de un pozo en la zona del acuífero de San Luís (línea azul) como consecuencia del aumento del nivel del mar, siendo este escenario mayor al doble establecido en el presente estudio; por lo anterior se concluye que a 2040 un incremento del nivel del mar de 5,98 cm tendría bajo impacto en el acuífero San Andrés e impacto moderado a bajo en el acuífero San Luis, debido a que es éste se encuentra en contacto con el agua del mar y que en la actualidad presenta salinidades muy altas.

Es importante también considerar que los impactos de la salinización podrían afectar en mayor medida la zona occidental de la isla debido a su entramado kárstico, que permitiría la interacción del agua de mar con cavernas que conectan al acuífero, sin embargo el basculamiento de la isla hacia el Este podría contribuir a los impactos en salinización no sean de gran significancia. En el caso de la zona oriental, aunque cuenta con mayor protección por la existencia de ecosistemas reguladores del recursos hídrico como humedales y manglares y de control de energía de corrientes como arrecifes de coral, el basculamiento que le imprime una topografía más baja, podría favorecer procesos de salinización en áreas que actualmente son aprovechadas para el abastecimiento de agua de consumo doméstico.

Es importante plantear la necesidad de establecer escenarios de cambio climático en los que se varíe la recarga con tendencia a la disminución e incremento de los caudales de explotación, con el fin de evidenciar si estos comportamientos incrementan la afectación de salinización a los acuíferos.

Figura 170. Niveles para un escenario de aumento del nivel del mar en los acuíferos de la isla de San Andrés (tomado de CORALINA y Universidad Nacional, 2010).

2.6.1. *Impactos al componente biótico*

Para este escenario se evaluaron los impactos sobre los ecosistemas, teniendo en cuenta su área y las problemáticas que se generan a partir del escenario futuro de inundación. A continuación se describen los cambios que se proyectaron en el medio biótico para cada una de las islas:

Para la isla de San Andrés, se aumentarán en 43 ha aproximadamente, las áreas de posible inundación por ANM, que sumadas a las áreas de inundación actual se tendrían 240 hectáreas, comparado con la proporción de área de las islas (2680,49 ha para San Andrés y 2184,57 ha para Providencia) se estaría inundando un 8,96 del total departamental para San Andrés y un 3,6% para Providencia.

Tabla 67. Áreas de inundación en el escenario futuro.

Leyenda	ANM	Humedales intervenidos	Inundación natural del ecosistema	Oleaje extremo	Sectores inundables	Zonas susceptibles a inundación
San Andrés						
Aeropuertos		1,092	0,005	0,002		0,643
Arbustal abierto	0,125		0,133	0,100		0,489
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	0,062		0,070	0,342		0,011
Bosques			0,347			
Canales	0,016					
Espolones	0,023	0,000	0,001			
Instalaciones recreativas	0,340	3,445				0,452

Leyenda	ANM	Humedales intervenidos	Inundación natural del ecosistema	Oleaje extremo	Sectores inundables	Zonas susceptibles a inundación
Lagunas lagos y ciénagas naturales			0,018			
Litoral rocoso	2,289		0,266	5,642		
Manglares			163,468	0,105	0,015	0,135
Mosaico de cultivos y espacios naturales			0,001			
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales						
Mosaico de pastos con espacios naturales	0,064		0,078			
Mosaico de pastos y cultivos						
Otros cultivos permanentes arbóreos			0,021			
Pastos arbolados	0,009		0,100		0,015	0,436
Pastos enmalezados			0,055			
Pastos limpios	0,002		0,086			0,067
Playas	0,707		0,137	0,502		0,000
Red vial, ferrovías y terrenos asociados	0,214	0,697	0,187	1,573	0,900	5,038
Tejido urbano continuo	2,381	1,918	0,847	0,836	1,837	32,190
Tejido urbano discontinuo		0,000	0,013			0,089
Tierras desnudas y degradadas	0,099		0,142			
Vegetación secundaria o en transición	0,003		0,872			0,460
Zonas industriales o comerciales	0,000		0,026			
Zonas portuarias	2,671		0,059	0,020	0,672	1,126
Zonas verdes urbanas	0,012	1,660	0,016		0,537	1,292
Total	9,017	8,811	166,947	9,121	3,976	42,429
Providencia y Santa Catalina						
Aeropuertos	0,19		0,00			0,00
Arbustal abierto	2,68		0,67			0,45
Arbustal denso	0,78		0,26			0,22
Bosques	0,18		0,08			0,17
Espolones	0,01					
Instalaciones recreativas	0,71		0,01			
Lagunas lagos y ciénagas naturales	6,79		0,88			
Litoral rocoso	0,47		0,03			
Manglares	0,62		51,62			0,35
Mosaico de cultivos	0,00					
Mosaico de pastos con espacios naturales	0,00					
Pastos arbolados	0,00					
Pastos enmalezados	0,00					
Pastos limpios	0,02		0,02			
Playas	3,40		0,37			0,04
Red vial, ferrovías y terrenos asociados	0,58		0,10			0,09
Tejido urbano continuo	1,65		0,28			3,25
Tejido urbano discontinuo	0,04		0,01			
Tierras desnudas y degradadas	0,55		0,36			
Vegetación secundaria o en transición	0,08		0,02			0,55
Zonas portuarias	0,10		0,01			
Total general	**18,84**		**54,73**			**5,12**

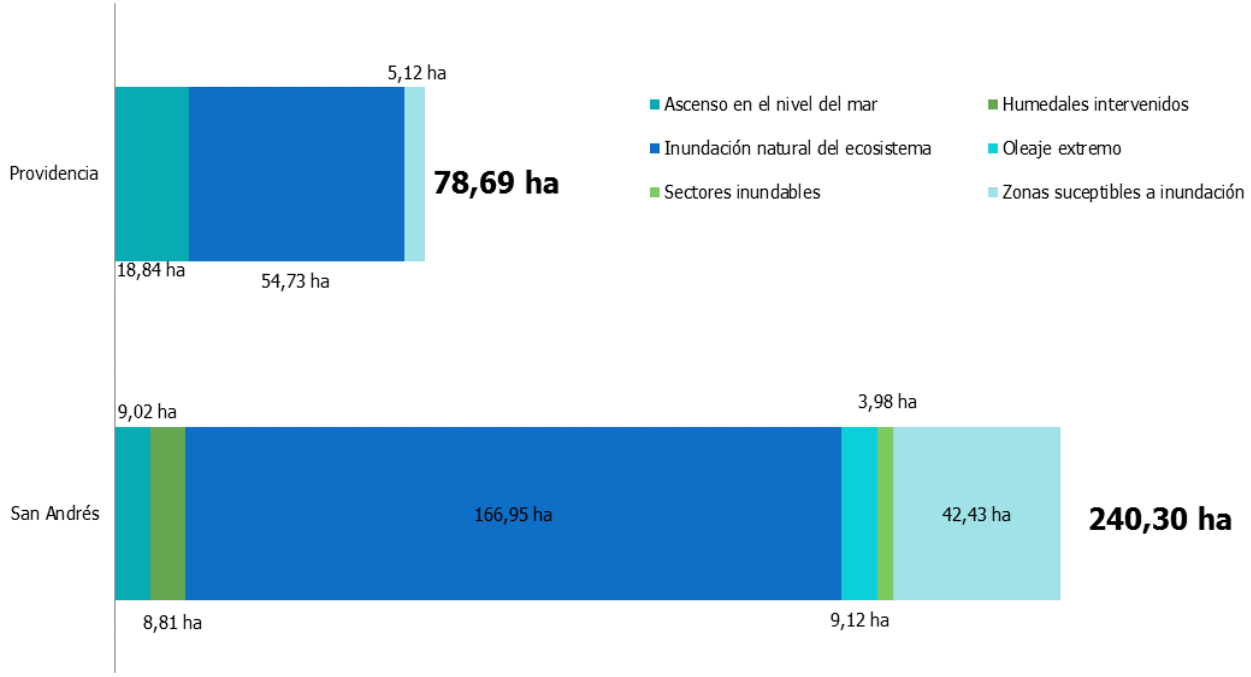


Figura 171. Comparación de las áreas afectadas por ANM en el escenario futuro para el Archipiélago.

Teniendo en cuenta la síntesis de los impactos sobre los elementos que presentan mayor importancia para el sistema insular, como el turismo y la recreación, la población local, los ecosistemas, las actividades agrícolas y la actividad portuaria, los cuales son identificados y categorizados por amenaza climática, en este trabajo son analizadas las amenazas:

- Erosión costera.
- Inundación por Ascenso en el Nivel del Mar - ANM y eventos extremos.

Este ejercicio permite identificar los sectores impactados por cada uno de los elementos señalados, y así poder plantear estrategias de adaptación acordes con estos impactos.

Para los ecosistemas de manglar que son los más afectados se hizo un listado de impactos que sufrirán, además de las problemáticas que en la actualidad tienen (Tabla 68).

Tabla 68. Análisis por sector de impactos al manglar ene l escenario futuro para el Archipiélago.

Isla	Problemáticas e impactos	Características que configuran su vulnerabilidad
San Andrés	• Relleno en áreas de manglar por la ampliación de vivienda en áreas amortiguadoras. • Vertimiento de aguas residuales de origen doméstico, residuos de hidrocarburos de la antigua planta de energía, aceites usados provenientes de talleres que están ubicados en la zona amortiguadora. • Alteración en la calidad y en la recuperación de los acuíferos por contaminación (por pozos en mal estado o inexistencia de los mismos). • Mal manejo en la disposición de los residuos sólidos. • Sedimentación. • Infestación por termitas. Residuos de la actividad porcícola. • Alteración por vientos.	• Importancia del manglar para el Archipiélago como zonas núcleo en el marco de la Reserva de Biósfera. • Buenas condiciones en cuanto a estructura: bosque denso, bajo. • Regeneración natural alta, notándose incrementos en áreas. Importante sitio de anidación de aves como la fragata. • Alta presencia de fauna asociada marina como: peces, moluscos. • Protección de la línea de costa contra vientos. • conectividad con otros ecosistemas (Pastos marino y corales). • Presencia de especies (mangle botón, langosta espinosa y caracol pala) de importancia ecológica, económica y cultural.
Providencia y Santa Catalina	• Erosión costera. • Vertimiento de aguas residuales • Afectación por vientos. • Vertimiento de aguas residuales de la comunidad que reside cerca al manglar.	• Segundo bosque de importancia en extensión para la isla de Providencia • Se encuentran las cuatro especies de manglar reportadas para la isla (*Rizhophora mangle, Laguncularia racemosa, Conocarpus erecta, Avicennia germinans*) • Presencia de un cuerpo de agua temporal que es hábitat de aves migratorias. • Alta calidad del paisaje. • Alta regeneración natural. • Interacción con otros ecosistemas estratégicos, como los pastos marinos y corales. • Sitio de observación de aves marinas y playeras. • Sitio de descanso de aves marinas. • Protección contra vientos fuertes.

2.6.1.1. Potencial de retroceso de los ecosistemas de manglar en el futuro

A partir del análisis general de las coberturas los ecosistemas de manglar se ven afectados en el escenario futuro en un 90% de su cobertura total lo que en el futuro pondría en peligro su conservación.

Teniendo en cuenta esto se hizo el cálculo de la posible pérdida de estos ecosistemas para el 2040. El potencial de retroceso hace referencia al área que retrocede el manglar hacia el interior de la costa ante el aumento del nivel del mar y su cálculo fue explicado en la metodología (Potencial de Retroceso). El área de retroceso de cada bosque de mangle es proporcional a su área original, y se calcula según el área total de manglar de una determinada área (Tabla 69). A partir de este análisis se calificó cada sector según su nivel de intervención o cercanía a áreas antropizadas (viviendas, vías, etc.). Con este análisis se identificaron cuales áreas están en mayor riesgo y son más vulnerables por un eventual ascenso en el nivel del mar.

Tabla 69. Nivel de amenaza a los ecosistemas de manglar.

Sector	Amenaza
San Andrés	
Bahía Hooker - Bahía Honda	Media
Bowie Bay	Media
Cabecera aeropuerto costado occidental	Alta
Cabecera aeropuerto costado oriental	Alta
Cocoplum Bay	Media
Cotton Cay	Media
Cove	Media
Hoffie	Media
Hotel Aquarium, Decamerón, Casa de la Cultura del centro y Hansa Point	Alta
Little Gough	Media
Morris Landing	Alta
Parches de manglar del costado occidental (km 4 hasta el Hoyo Soplador)	Alta
Salt Creek	Alta
Sena	Alta
Smith Channel	Alta
Sound Bay	Alta
Velodia Road	Alta
Providencia y Santa Catalina	
Botton House	Baja
Fresh Water	Baja
Jhon Mangrove	Baja
Johnny Bay	Baja
Jones Point-town	Alta
Manchineel Bay	Media
Mc Bean Lagoon	Baja
Old Town	Baja
Santa Catalina	Media
Smouth Water	Media
South West Bay	Baja

2.6.2. *Impactos al componente socioeconómico*

2.6.2.1. *Condiciones socioeconómicas en el futuro*

Para la construcción de los escenarios de análisis se plantearon dos condiciones socioeconómicas, que responden a unas expectativas esperadas con respecto al comportamiento de las condiciones sociales de la población del departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, tomando como base las expectativas esperadas hacía el futuro y las condiciones en las que vive la población actualmente. De igual forma se planteó el cambio en la producción departamental, bajo el supuesto de un crecimiento económico moderado (con una tasa de crecimiento anual de 3,92%) acorde con la tasa de crecimiento económico del departamento entre el año 2000 al 2010 y que se prolonga hasta el año 2040, es preciso mencionar que para el caso del componente económico se plantea la misma tasa de crecimiento económico para los dos escenarios, teniendo en cuenta el alto nivel de incertidumbre sobre esta variable, de este modo se plantean dos escenarios, estos son:

- Escenario con condiciones optimistas: teniendo en cuenta las metas del Plan de Desarrollo actual con respecto a las mejoras de las condiciones sociales a través de un grupo de estrategias de desarrollo, se plantea este escenario con características en la mejora en las condiciones de vida de la población, acompañado de un crecimiento poblacional bajo (0,08% anual, tasa de crecimiento poblacional cercana a la proyectada por el DANE desde el año 2000 en el departamento) para el año 2040. Este escenario permite responder la pregunta ¿qué tan vulnerable seremos en el año 2040 si mejoramos las condiciones de vida de la población y mantenemos un crecimiento económico moderado?
- Escenario con condiciones pesimistas: en esta situación se presenta alto crecimiento poblacional (2,1% anual, cercana a la tasa de crecimiento poblacional observada antes del año 2000 en el departamento) mientras las condiciones de vida de la población en el 2040 permanecerán iguales a la condición actual. Este escenario permite responder a la pregunta ¿qué tan vulnerable seremos en el año 2040 si no mejoramos nuestras condiciones de vida, existe un alto crecimiento poblacional, y un crecimiento económico moderado?
- Partiendo de las características de la población en los escenarios socioeconómicos planteados y teniendo en cuenta los componentes de la vulnerabilidad en esta investigación (sensibilidad socioeconómica – exposición), se interrelaciona el nivel de sensibilidad socioeconómica con los niveles de exposición, este último componente es producto de la modelación de las áreas sujetas a inundación por distintas causas obteniendo los distintos niveles de exposición a la inundación en cada uno de los polígonos analizados.

A continuación (Tabla 70) se presenta el comportamiento planteado de las variables socioeconómicas bajo la condición pesimista, y optimista, y el cambio en la exposición.

Tabla 70. Componentes y características de los escenarios propuestos.

Componente de la vulnerabilidad	Dimensión	Variable	Indicador	Comportamiento planteado en los escenarios al 2040	
				Escenario optimista (E1)	Escenario pesimista (E2)
Sensibilidad social	Población y territorio	Viviendas por hectárea	Densidad de vivienda	Crecimiento moderado: tasa anual de 0,08%	Alto crecimiento: tasa anual de 2,1%
	Capital humano	Asistencia a la escuela	Tasa de desescolarización (5-17 años)	Disminución del 50% hasta el 2040	Se mantiene igual al actual
		Años de escolaridad	Años promedio de escolaridad del jefe de hogar		
	Calidad de la vivienda	Viviendas precarias	Porcentaje de vivienda tipo cuarto u otro		
		Acueducto	Porcentaje de viviendas sin acueducto		
		Alcantarillado	Porcentaje de viviendas sin alcantarillado		
	Capacidad económica	Población en edad de trabajar	Dependencia demográfica	Disminución del 20% hasta el 2040	
		Desocupados	Porcentaje de desocupados mayores de 12 años	Disminución de 3% cada cinco años	
		Tamaño del hogar	Tamaño promedio del hogar	Disminución del 3% cada 10 años	
Sensibilidad económica	PIB departamental	Aportes al PIB (constante 2005)	Suma del PIB en el polígono	Aumento del 3,92% anual	
Exposición	Áreas inundadas	Áreas inundadas según el modelo de inundación	Porcentaje de hectáreas afectadas	Aumento por ascenso del nivel del mar según modelación	

Población y viviendas en escenario futuro

En los escenarios optimista y pesimista, se observan grandes diferencias en cuanto al tamaño poblacional de las zonas de posible impacto de la inundación, bajo el escenario optimista (E1) la población del departamento alcanza 74.789 personas en el área de estudio para el año 2040, mientras en el escenario pesimista (E2) alcanza 117.118, es decir más de 40.000 personas más en comparación con el E1, lo que lleva a que la densidad de población del departamento alcance el valor de 32 personas por Ha., sin embargo, en términos de densidad de población la isla de San Andrés presenta un valor mucho mayor, al presentar hasta 53 personas por ha. En términos de la vivienda se observa un aumento considerable, alcanzando las 29.533 viviendas en el área de estudio bajo el E2 (Tabla 71).

Tabla 71. Población y viviendas en el año 2040 según escenarios

Lugar	Población		Viviendas		Densidad de población	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2
San Andrés	69365	108624	17202	26938	34	53
PSC	5424	8494	1657	2595	3	5
Departamento	74789	117118	18860	29533	21	32

Indicadores de sensibilidad social en los escenarios 2040

Las dimensiones de la sensibilidad social presentan grandes diferenciales con respecto a los indicadores utilizados para la medición.

Mientras en el escenario optimista se presenta una densidad de viviendas promedio de 89,8 por Ha., en el escenario pesimista esta variable alcanza 140,6, estas diferencias son muy importantes para determinar la sensibilidad social, puesto que aquellas zonas en las que se encuentra mayor aglomeración de viviendas y presentan alta exposición a las inundaciones, serán los espacios donde se generen los mayores impactos directos para la población local, y en el escenario pesimista estos impactos a las viviendas se incrementan (Tabla 72).

En el capital humano se presenta la disminución de la tasa de desescolarización (E1 llega a 3,6%, mientras en E2 se mantiene en 7,2%), de igual forma, se presenta el aumento de los años promedio de escolaridad del jefe de hogar, al alcanzar 10,6 años en E1, mientras en E2 alcanza los 9,1 años. La importancia de esta dimensión para la sensibilidad frente a la inundación, se centra en que la acumulación de capital humano puede llevar consigo al mejoramiento de las condiciones de vida de la población y con ello a la disminución de la vulnerabilidad por el aumento de las capacidades para poder ingresar con mejores condiciones al mercado laboral, y así poder obtener mayores recursos para adaptarse a los efectos de la inundación (Tabla 72).

La dimensión de la calidad de la vivienda que presenta tres indicadores, los cuales presentan una mejora del 50% en las condiciones del E1 con respecto a E2, en E1 solo el 5,4% de las viviendas son de tipo cuarto u otro, el porcentaje de viviendas sin acueducto alcanza el 26,1%, y las viviendas sin alcantarillado alcanzan el 40,2%, este grupo de características permiten la disminución de la vulnerabilidad, puesto que viviendas con servicios públicos disminuyen los

riesgos de afectación de enfermedades, y el tipo de vivienda es un elemento importante para ocasionar un impacto diferencial sobre la vivienda (Tabla 72).

Tabla 72. Indicadores de la sensibilidad social en los escenarios 2040

	Dimensión	Indicador	E1	E2
Sensibilidad social	Población y territorio	Densidad de vivienda	89,8	140,6
	Capital humano	Tasa de desescolarización (5-17 años)	3,6	7,2
		Años promedio de escolaridad del jefe de hogar	10,6	9,1
	Calidad de la vivienda	Porcentaje de vivienda tipo cuarto u otro	5,4	10,8
		Porcentaje de viviendas sin acueducto	26,1	52,2
		Porcentaje de viviendas sin alcantarillado	40,2	80,3
	Capacidad económica	Dependencia demográfica	38,1	47,7
		Porcentaje de desocupados mayores de 12 años	48,4	56,9
		Tamaño promedio del hogar	3,4	3,7

La capacidad económica, relacionada con la suficiencia de los hogares para generar ingresos, presenta una dependencia demográfica en E1 de 38,1%, mientras en E2 alcanza el 47,7%, esta es una característica relacionada con la estructura poblacional, la disminución en este indicador nos indica que disminuyen las personas con dependencia (por su edad), el porcentaje de desocupados (mayores de 12 años) presenta una diferencia de más de 8 puntos porcentuales, y nos está señalando los desocupados con respecto a la población en edad para trabajar, el tamaño promedio del hogar que indica el número de personas promedio por hogar alcanza 3,4 en E1, y 3,7 en E2. Este grupo de indicadores son determinantes del nivel de vulnerabilidad, puesto que a partir de las mejoras en esta dimensión se pueden aumentar la capacidad de acumulación de la población, y con ello realizar inversiones necesarias en los hogares para reducir los impactos de las inundaciones.

Sensibilidad social

En términos de sensibilidad social se presentan altas diferencias para el departamento para los dos escenarios planteados, en el escenario optimista se presentan bajos impactos en materia social, Providencia y Santa Catalina en su totalidad se encuentra con "muy baja" sensibilidad, y San Andrés presenta el 95% del área con muy baja sensibilidad, y el 5% en baja sensibilidad, esta disminución de la sensibilidad va a tener un alto impacto en la vulnerabilidad, puesto que a partir de la disminución de la sensibilidad se logra que los hogares tengan mejores condiciones de vida lo que les permite tener mayores capacidades para afrontar las amenazas climáticas (Figura 172).

Por otra parte, el escenario pesimista nos presenta una situación en la que la población presenta alta tasa de crecimiento, mientras las condiciones sociales se mantienen igual a las actuales. Bajo este escenario, Providencia y Santa Catalina presenta "muy alta" sensibilidad el 41% de su territorio, mientras en "alta" el 4%, esto nos presenta casi el 50% del territorio de este municipio con altas sensibilidades, sin embargo, la población en esta condición es menor, puesto que el 9% de la población se encuentra con sensibilidad por encima de media.
En San Andrés, se presenta un 26% del territorio con sensibilidad por encima de media, sin embargo, en esas áreas habita el 49% de la población, mostrando la aglomeración de población

con bajas condiciones de vida en esos espacios, que en el momento de una amenaza climática de inundación puede presentar los mayores impactos para esta población (Figura 172).

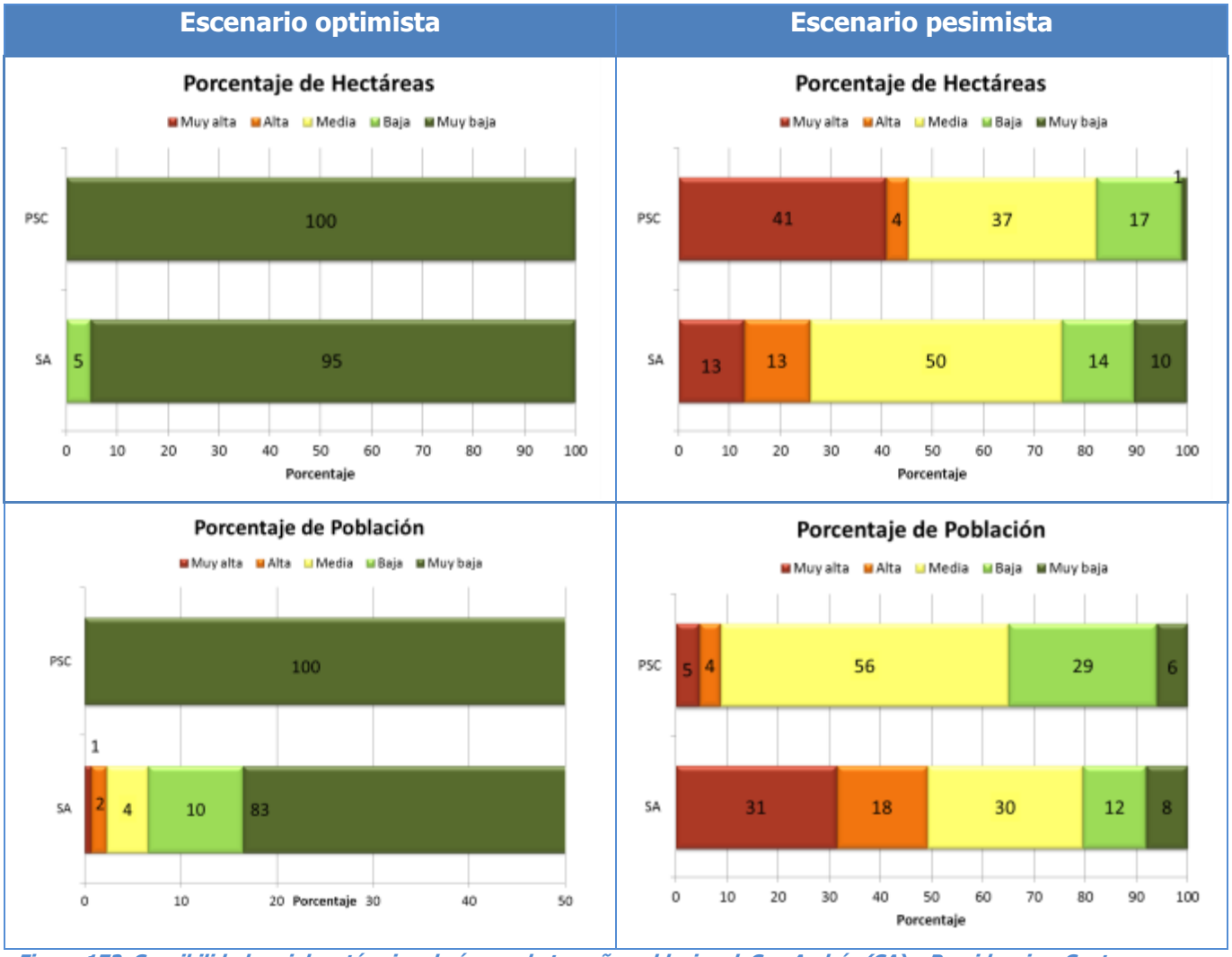


Figura 172. Sensibilidad social en término de área y de tamaño poblacional, San Andrés (SA) y Providencia y Santa Catalina (PSC).

En términos geográficos, podemos observar la condición de sensibilidad bajo el escenario optimista, en donde todas las áreas estudiadas presentan sensibilidad por debajo de media. En el escenario pesimista se presenta altas sensibilidades en la parte comercial de la cabecera municipal, además las partes aledañas del aeropuerto, en la parte este se observa "muy alta" sensibilidad social en Old Point y Cocoplum Bay, al sur en Bowie Bay, en el lado oeste hay "alta" sensibilidad en Brooks Bottom (Figura 173).

Escenario optimista	Escenario pesimista

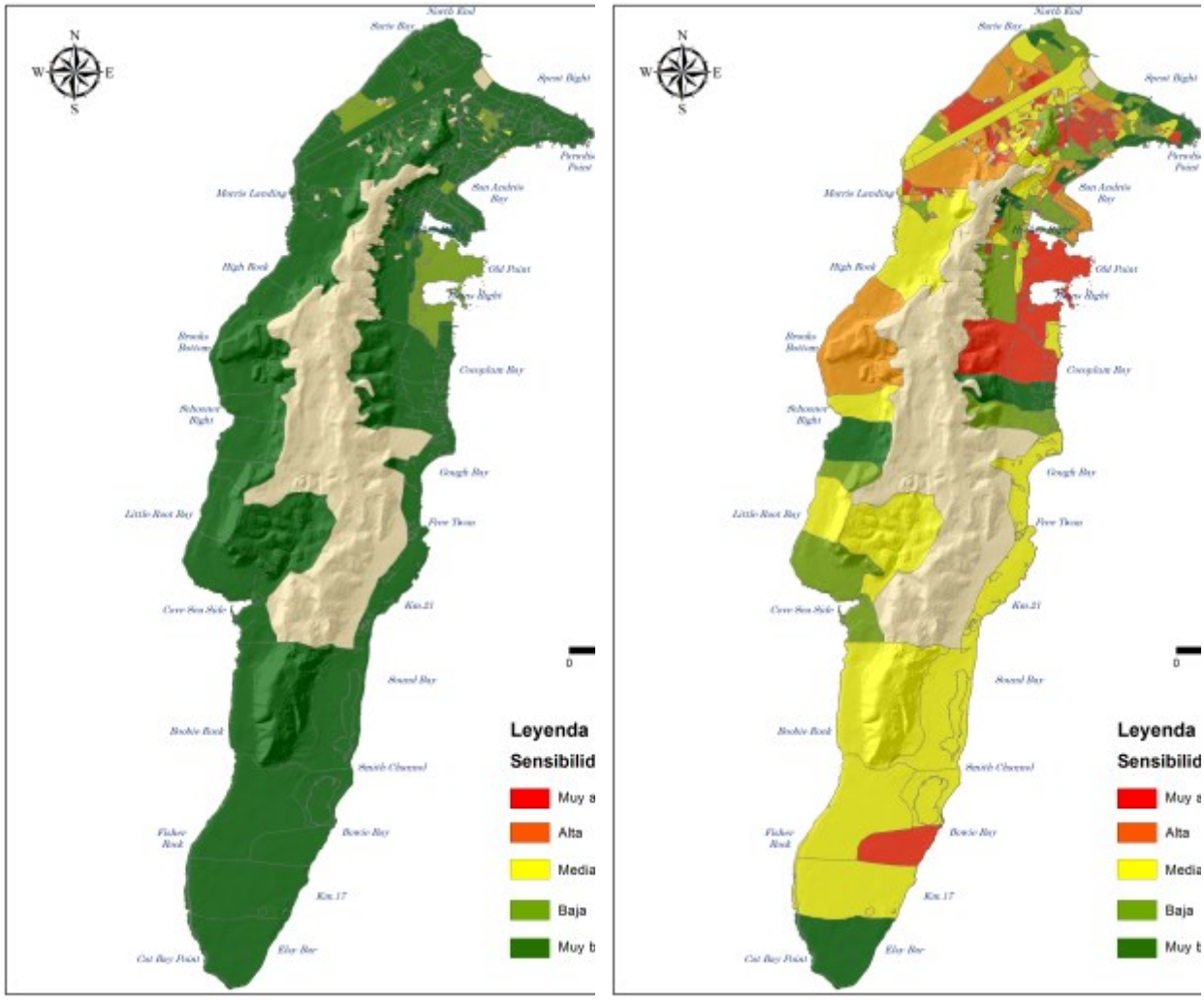


Figura 173. Sensibilidad social de San Andrés Isla en los escenarios 2040.

Escenario optimista	Escenario pesimista

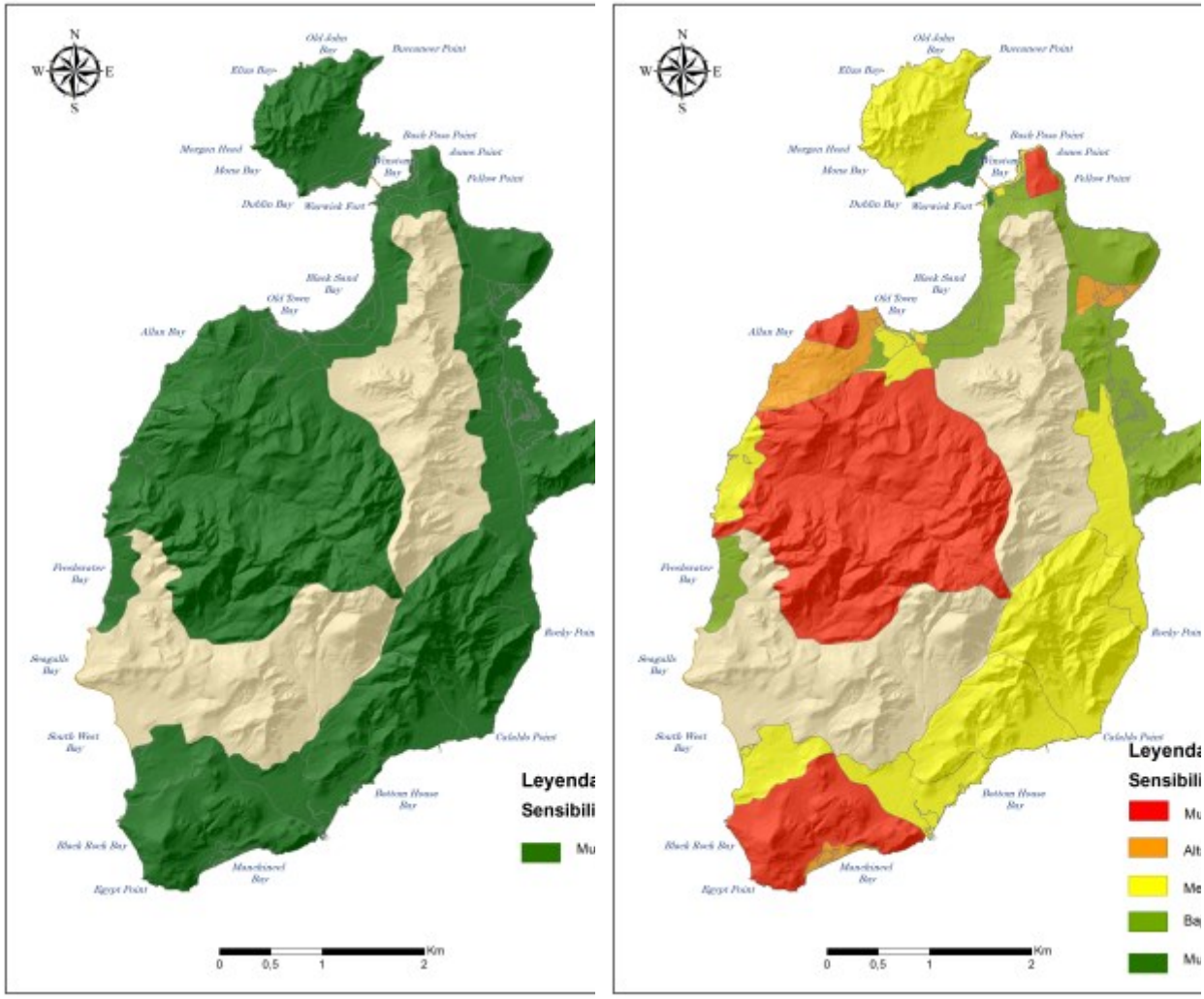


Figura 174. Sensibilidad social de Providencia y Santa Catalina en los escenarios 2040.

En Providencia y Santa Catalina, se observa en el escenario optimista la condición que indica que todo el territorio se encuentra con "muy baja" sensibilidad. Por otra parte, el escenario pesimista nos muestra "muy alta" sensibilidad en el norte en el sector de Jones Point, al sur en Egypt Point, así como en el sector de Allan Bay, en Providencia, para Santa Catalina el centro poblado presenta una muy baja sensibilidad, mientras el norte presenta sensibilidad media (Figura 174).

Sensibilidad económica

Los lugares con mayor sensibilidad económica son aquellos en donde se concentran los factores de producción necesarios que contribuyen a la generación del valor agregado, y con ello al crecimiento económico. En este subsistema económico se planteó un solo comportamiento del PIB para los dos escenarios, manteniendo un crecimiento sostenido.

De este modo, se observa que la isla de San Andrés (SA) presenta gran parte de su territorio con "alta" o "muy alta" sensibilidad, estas dos categorías agrupan el 57% del territorio, en sensibilidad "muy alta" el 40% y "alta" el 17%, lo que representa el aumento considerable con respecto al escenario actual, ahora, si observamos la sensibilidad económica con respecto al PIB en las áreas afectadas, tenemos que el valor agregado de San Andrés se encuentra el 92% con sensibilidad por encima de media, indicando que en el escenario futuro existirá una mayor aglomeración de la producción, ocasionando que se tengan más activos económicos sensibles (Figura 175).

En Providencia y Santa Catalina (PSC) se encuentra el 42% del territorio con sensibilidad económica por encima de media, pero en ese porcentaje del territorio se concentrará el 97% de la producción, presentando una situación de una gran cantidad de activos económicos que pueden presentar altos impactos por los efectos de la inundación (Figura 175).

Ahora, es importante identificar donde se concentra la generación del PIB departamental; según el análisis estas son las áreas que presentan la mayor sensibilidad económica. La Figura 176 permite observar que gran parte de la isla de San Andrés presentara sensibilidad "alta" y "muy alta", se observa en la cabecera municipal una muy alta sensibilidad económica en todo el noreste en donde se concentran instalaciones hoteleras y de comercio, que es la principal actividad económica de la isla, de igual forma, la mayor parte del litoral se encuentra con alta sensibilidad económica, excluyendo algunas zonas en las que se proyecta no exista un aumento de los aportes al PIB.

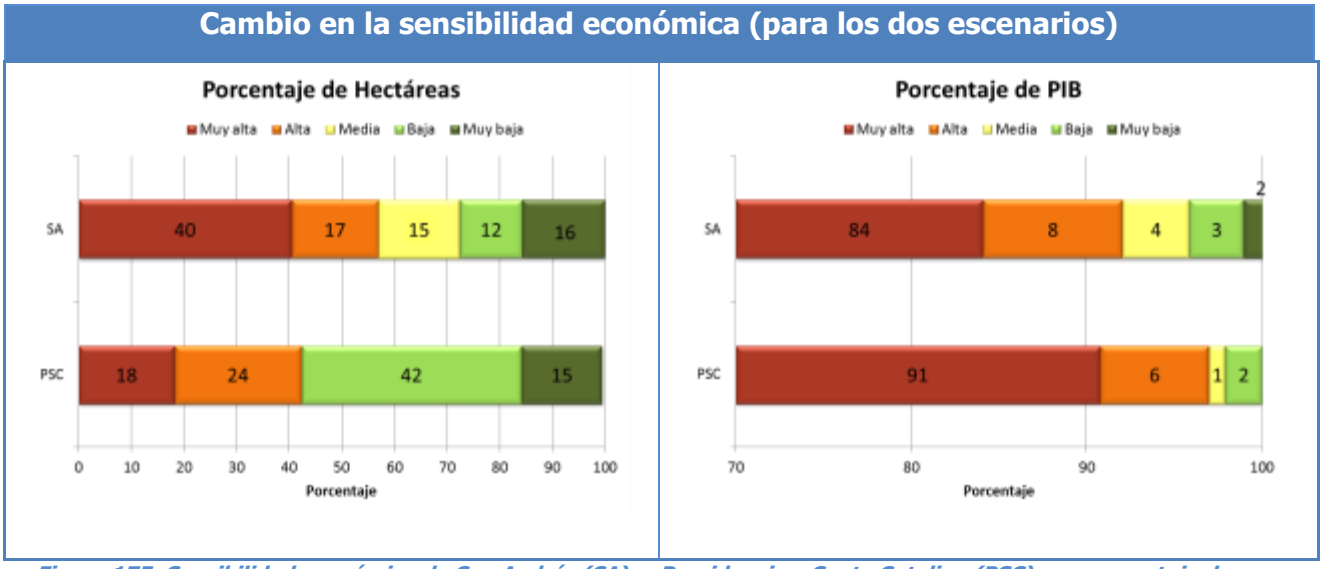


Figura 175. Sensibilidad económica de San Andrés (SA), y Providencia y Santa Catalina (PSC) por porcentaje de hectáreas y por el Producto Interno Bruto (PIB).

En este escenario futuro, Providencia y Santa Catalina presenta alta sensibilidad económica, producto de la dinámica de crecimiento que lleva al aumento de la producción en el municipio, la mayor parte del noreste de Providencia presenta "alta" o "muy alta" sensibilidad económica, en Santa Catalina el centro poblado presenta "muy alta" sensibilidad mientras el norte de esta isla presenta "muy baja" sensibilidad económica. Estas características evidencian al igual que el panorama de San Andrés, la concentración geográfica de las actividades económicas (Figura 176).

San Andrés	Providencia y Santa Catalina

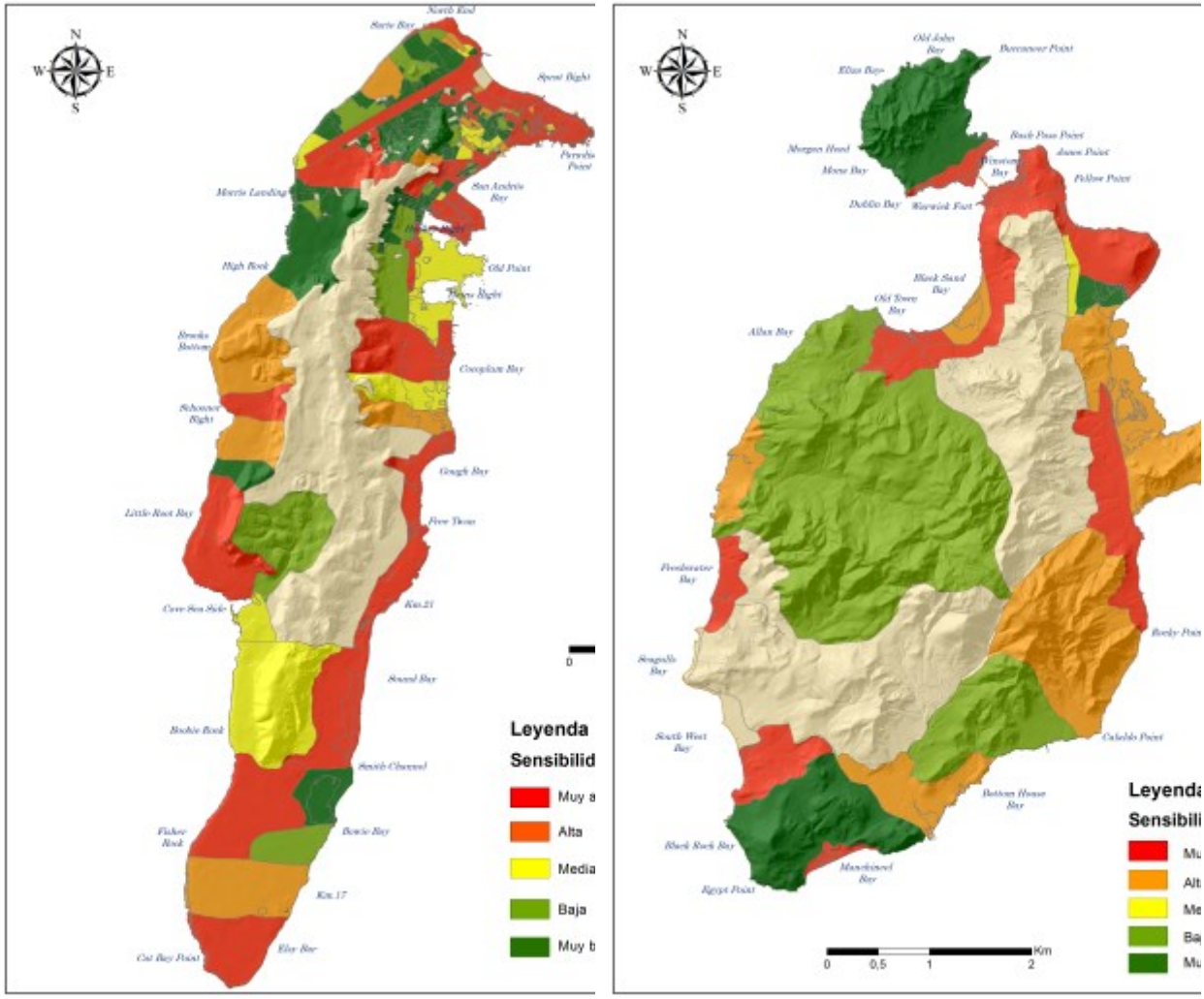


Figura 176. Mapa de sensibilidad económica de la isla de San Andrés.

Sensibilidad social y económica

Finalmente, mediante la interacción del subsistema social y económico, se presenta la sensibilidad social y económica, la cual nos muestra aquellas áreas que pueden ser sensibles en términos sociales y económicos, es decir, aquellos espacios en donde se encuentra población con condiciones de vida precarias o en donde se concentran factores de producción importantes para el crecimiento económico del departamento.

De este modo, para la isla de San Andrés (SA) podemos observar los cambios para los dos escenarios, sin embargo para estos, más del 50% del territorio presenta sensibilidad social y económica por encima de media, en el escenario optimista con "muy alta" sensibilidad el 41% y el 17% con alta, en el escenario pesimista las áreas con sensibilidad "muy alta" alcanzan el 49%,

y en alta el 19%, estas características evidencian que las sensibilidad presenta un aumento sostenido, producto del propio crecimiento poblacional en islas (Figura 177).

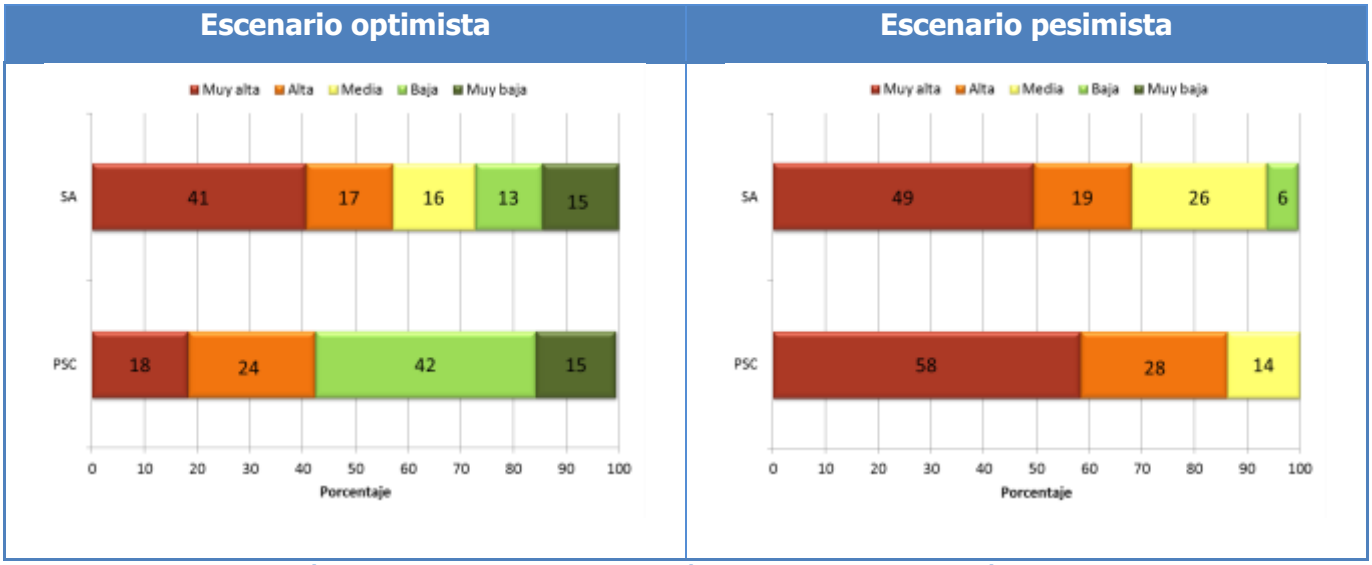


Figura 177. Porcentaje de áreas por sensibilidad social y económica de la isla de San Andrés, y Providencia y Santa Catalina.

En Providencia y Santa Catalina el cambio es aún más drástico, puesto que pasa del 42% del territorio con sensibilidad socioeconómica por encima de media, a 86% en esta situación en el escenario pesimista, indicando un aumento más severo de la sensibilidad socioeconómica para este municipio (Figura 177).

Exposición

La exposición está referida a las zonas en donde se presenta susceptibilidad a la inundación según la modelación realizada en esta investigación. A continuación se presenta el área total de las islas según la calificación de exposición en el escenario de inundación a 2040.

El área total en "muy alta" exposición en el área de estudio del departamento es de 91,9 hectáreas, y 392,4 ha se encuentran en "alta" exposición. La mayor parte del territorio se encuentra con muy baja exposición (1853 ha), de igual forma, el área no afectada por la inundación presentó una disminución considerable, al pasar de 1616,7 ha en el escenario actual a 393,6 ha en el escenario futuro, lo que nos está mostrando un crecimiento en las áreas inundables para el año 2040 (Tabla 73).

En la isla de San Andrés 86,2 ha se encuentran con "muy alta" exposición, y 233,5 ha en "alta" exposición. Las otras zonas afectadas presentan en su mayoría una exposición muy baja (767,3 ha), por otra parte, 345,7 ha no presentan afectación por la inundación (Tabla 73).

Para providencia y Santa Catalina 48 ha no presentan afectación por la inundación, sin embargo, las áreas restantes que son afectadas por la inundación presentan la característica de tener "muy alta" exposición 5,7 ha y "alta" exposición 158,9 ha, lo que es equivalente a 167,6 ha en donde se inunda más del 30% de este territorio (Tabla 73).

Tabla 73. Área total de la isla de San Andrés (SA), Providencia y Santa Catalina (PSC) y departamental (en hectáreas), según calificación de exposición.

Rango porcentual de exposición	Calificación	SA	PSC	Departamental
Más de 70%	Muy alta	86,2	5,7	91,9
Más de 30% a 70%	Alta	233,5	158,9	392,4
Más de 10% a 30%	Media	272,0	5,9	277,9
Más de 2% a 10%	Baja	344,9	266,2	611,0
2% y menos	Muy baja	767,3	1085,7	1853,0
No afectada	No afectada	345,7	48,0	393,6
Total		2049,5	1570,3	3619,8

2.6.2.2. Impactos futuros

Áreas y usos del suelo afectados por inundación y aumento del nivel del mar

El uso del suelo con mayor afectación en términos absolutos en el departamento, son las áreas con uso de conservación, de las cuales 159,6 ha pueden resultar inundadas, lo que representa que el 89,2% de las áreas de conservación en el área de estudio son zonas inundables, esta afectación representa un impacto significativo para los ecosistemas ubicados en el área de estudio, principalmente en los Parques Nacionales, así como resulta en impactos sobre atractivos turísticos en la zona.

Para el caso del área de estudio en el departamento, la segunda mayor afectación en términos absolutos se presenta en áreas sin uso aparente con 83,5 ha que representan el 19,1% de las áreas sin uso aparente, en estos territorios no se presentan actividades económicas o asentamientos humanos que llevan a que se presenten altos impactos. El tercer uso con mayor afectación, son las áreas de uso habitacional, de las cuales pueden verse inundadas 35,2 ha que representan el 16,3% de las áreas de uso habitacional del departamento, la posible inundación de estas áreas representa un gran impacto sobre las condiciones de vida de la población asentada en estos lugares, con la pérdida y deterioro de viviendas o la disminución de su capital acumulado (Tabla 74).

Para la isla de San Andrés, las zonas que presentan la mayor afectación en términos absolutos son las que tienen un uso de conservación con 116,3 ha afectadas, en segundo lugar se encuentran las áreas sin uso aparente con 58,9 ha afectadas, lo que ocasiona grandes impactos sobre los ecosistemas y lugares de interés turístico. 30,4 ha de uso habitacional son afectadas, lo que representa 16,6% de las áreas con este uso en la isla, para el caso de la isla esto ocasiona grandes impactos sobre las condiciones de vida de la población. Así, 10,1 ha de uso recreacional, turístico, y turístico y recreacional son afectados, lo que puede ocasionar grandes pérdidas sobre una de las principales actividades económicas de la isla. Finalmente, se resalta la afectación sobre las zonas de uso para el transporte terrestre, que son inundables 8,4 ha lo que indica impactos en infraestructura vial (Tabla 74).

Tabla 74. Área total (AT), Área afectada (AF) y porcentaje de área afectada (%AF) por inundación futura en San Andrés, Providencia y Santa Catalina, y total, según usos del suelo

Usos	San Andrés			Providencia y Santa Catalina			Total		
	AT	AF	%AF	AT	AF	%AF	AT	AF	%AF
Agrícola mixto	59,6	0,1	0,2	2,3	0,0	1,5	61,9	0,2	0,3
Agrícola transitorio	3,6		0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0
Comercial	33,0	2,9	8,7	2,4	0,2	6,5	35,4	3,0	8,5
Conservación	120,4	116,3	96,6	58,4	43,3	74,1	178,8	159,6	89,2
Ganadero	1,1		0,0	0,5	0,0	1,5	1,6	0,0	0,4
Habitacional	180,3	30,4	16,9	35,6	4,8	13,4	215,9	35,2	16,3
Institucional	13,8	3,2	23,4	0,9	0,1	13,7	14,7	3,4	22,8
Portuario	17,5	5,4	30,8	0,5	0,2	34,3	18,0	5,6	30,9
Protección de erosión	0,2	0,0	12,7	0,0	0,0	87,1	0,2	0,0	17,0
Recreacional	0,1		0,0	3,4	0,7	21,3	3,5	0,7	20,9
Sin uso aparente	366,7	58,9	16,1	71,1	24,6	34,6	437,8	83,5	19,1
Suministro de agua	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	11,8	0,1	0,0	11,8
Transporte aéreo	12,7	1,7	13,7	0,8		0,0	13,5	1,7	12,9
Transporte terrestre	42,9	8,6	20,1	5,9	0,8	13,3	48,8	9,4	19,3
Turístico	46,8	7,6	16,3	3,9	0,1	2,8	50,7	7,7	15,3
Turístico y recreacional	28,3	5,1	17,9	10,3	3,9	37,5	38,6	8,9	23,2
Total general	**927,0**	**240,3**	**25,9**	**196,1**	**78,7**	**40,1**	**1123,1**	**319,0**	**28,4**

Para Providencia y Santa Catalina (PSC), El uso con mayor afectación es el uso de conservación en donde se afectan 43,3 ha lo que significa la afectación del 74,1% de las áreas de conservación en el área de estudio de PSC, son áreas de parques naturales inundables y que pueden resultar impactados sus ecosistemas, en segundo lugar se presentan zonas sin uso aparente (24,6 ha). El 13,4% de las áreas de uso habitacional pueden resultar afectadas, son 4,8 ha las cuales de ser inundadas, llevarían a la pérdida o deterioro de viviendas. Las áreas de uso recreacional, turístico, y turístico y recreacional se verán afectadas en un 4,7% (Tabla 74).

Impacto de la inundación por el aumento del nivel del mar e inundación sobre las viviendas

A continuación, se presentan los impactos enfocando el análisis principalmente al impacto directo sobre las viviendas que se encuentran en las zonas inundables.

Bajo los supuestos del escenario optimista las viviendas de posible afectación equivalen aproximadamente en el 2040 en el departamento a 3.116 viviendas, afectación que aumenta considerablemente en el escenario pesimista en donde se afectan aproximadamente 4.879 viviendas, esto indica que se afectaran por la inundación el 16,5% de las viviendas del departamento.

Para la isla de San Andrés se presentan los mayores impactos sobre las viviendas en la cabecera municipal, en donde se verán afectadas el 18,7% de estas, en el escenario optimista serán afectadas 23621 viviendas, y en el escenario pesimista la afectación alcanza a 4.105 viviendas, en la isla hay un menor impacto en el resto de zonas diferentes a la cabecera municipal, en donde se afectará el 11,3% de las viviendas. De este modo, se evidencia que los mayores impactos para las viviendas se encuentran en la cabecera municipal, precisamente en donde se encuentra la mayor aglomeración de población y donde se espera que siga la concentración.

Para Providencia y Santa Catalina, el impacto sobre las viviendas es menor a San Andrés, se afectará el 8,4% del total de viviendas de las islas, en términos de las diferencias en impactos absolutos sobre las viviendas de la cabecera municipal con respecto a las otras áreas en Providencia y Santa Catalina no se presentan altas diferencias, sin embargo, en las islas existe menor concentración de población en la cabecera municipal, lo que en términos relativos nos indica diferencias porcentuales, es así como en la cabecera municipal pueden verse impactadas el 11,5% de las viviendas y en las otras áreas alcanza 6,4% (Tabla 75).

Tabla 75. Viviendas afectadas (AF) y porcentaje de elementos afectados (%AF) por inundación en la isla de San Andrés (SA) y Providencia y Santa Catalina en el escenario optimista (E1) y pesimista (E2)

Escenarios		E. optimista (E1)		E. pesimista (E2)		% AF. (E1 y E2)
Lugar		Total	AF.	Total	AF.	
San Andrés	Cabecera municipal	14053	2621	22007	4105	18,7
	Resto	3149	356	4931	557	11,3
	Total	17202	2977	26938	4661	17,3
Providencia y Santa Catalina	Cabecera municipal	653	75	1022	118	11,5
	Resto	1004	64	1573	100	6,4
	Total	1657	139	2595	218	8,4
Total departamento		18859	3116	29533	4879	16,5

Impacto sobre el Producto Interno Bruto (PIB) del departamento de San Andrés y Providencia

Teniendo en cuenta la modelación de la inundación, y bajo el supuesto de una distribución uniforme del PIB sobre el polígono analizado, se presenta el siguiente análisis.

A nivel departamental, para el año 2040 y bajo los supuestos de los escenarios se presentará un PIB de $1.568 mil millones (todos los valores a precios constantes del 2005) en el área de estudio seleccionada para esta investigación, de los cuales por efecto de la inundación son afectados $200 miles de millones, esto significa una afectación en el año del 13% del PIB. Este impacto nos indica las pérdidas estimadas para el año 2040, sin embargo, las pérdidas registradas en el acumulado de años desde el momento actual al futuro pueden ser mayores, teniendo en cuenta que cada año el PIB sufre pérdidas por efecto de la inundación, y que estas tienen un efecto multiplicador sobre el resto de la economía, de igual forma como se mencionó en el escenario actual, el turismo y el comercio son las actividades de mayor importancia para el PIB departamental, de este modo bajo el escenario futuro y teniendo en cuenta que las instalaciones necesarias para esta actividad se concentran principalmente en el litoral en zonas donde se pueden presentar los mayores

impactos por pérdida de infraestructura, playas y belleza escénica, el efecto sobre la economía puede ser mayor.

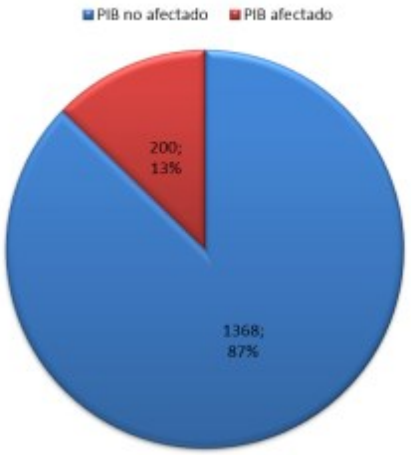


Figura 178. PIB proyectado y afectado (en miles de millones de pesos del 2005) para el año 2040.

Como se mencionó en el escenario actual, el informe Stern estima que los costos generales y riesgos del cambio climático a nivel mundial son equivalentes a la pérdida del 5% del PIB global de manera consecutiva cada año, y si se presenta un escenario con condiciones de riesgo e impactos más altos, podría afectarse el 20% o más cada año (Stern, 2007). Haciendo el comparativo de esta situación global con el departamento en el escenario actual y futuro, podemos observar una afectación mayor al contexto inicial de 5% estimado por Stern a escala global, y está asociado a las características propias de sensibilidad de este territorio insular, en el que la mayor cantidad de actividades económicas y población se encuentran asentados en el litoral, con alta exposición a las inundaciones de distinto tipo, y con limitaciones en el crecimiento económico y en el desarrollo de este territorio, en donde, en el escenario futuro se apuesta al desarrollo turístico y comercial de la isla. Sin embargo, los escenarios nos permiten tener una visión de las consecuencias de realizar estas actividades económicas sin realizar medidas que permitan adaptaciones al cambio climático de la economía departamental, y nos permite aproximarnos a las pérdidas futuras que se tendrían.

Vulnerabilidad socioeconómica futuro escenario optimista y pesimista

Como resultado de la interacción del subsistema social y económico, con su exposición a la inundación, podemos observar los niveles de vulnerabilidad del territorio bajo el escenario optimista y pesimista.

Para este caso, se observa en la isla de San Andrés el 16,9% no se encuentra afectado por la inundación, mientras el restante 83,1% presenta afectación por la inundación futura. Ahora, frente al mismo nivel de inundación, también podemos observar los distintos niveles de vulnerabilidad que resultan, en términos de las zonas con "muy alta" y "alta" vulnerabilidad en San Andrés no se presentan grandes cambios en la vulnerabilidad, las principales diferencias se observan en zonas que en el escenario optimista presentan una muy "baja" vulnerabilidad (53,7%) y que en el escenario pesimista, la mayor parte de estas pasan a tener vulnerabilidad "media", esta situación nos está indicando que los aumentos de vulnerabilidad se presentarán principalmente en las áreas con baja vulnerabilidad (Figura 179).

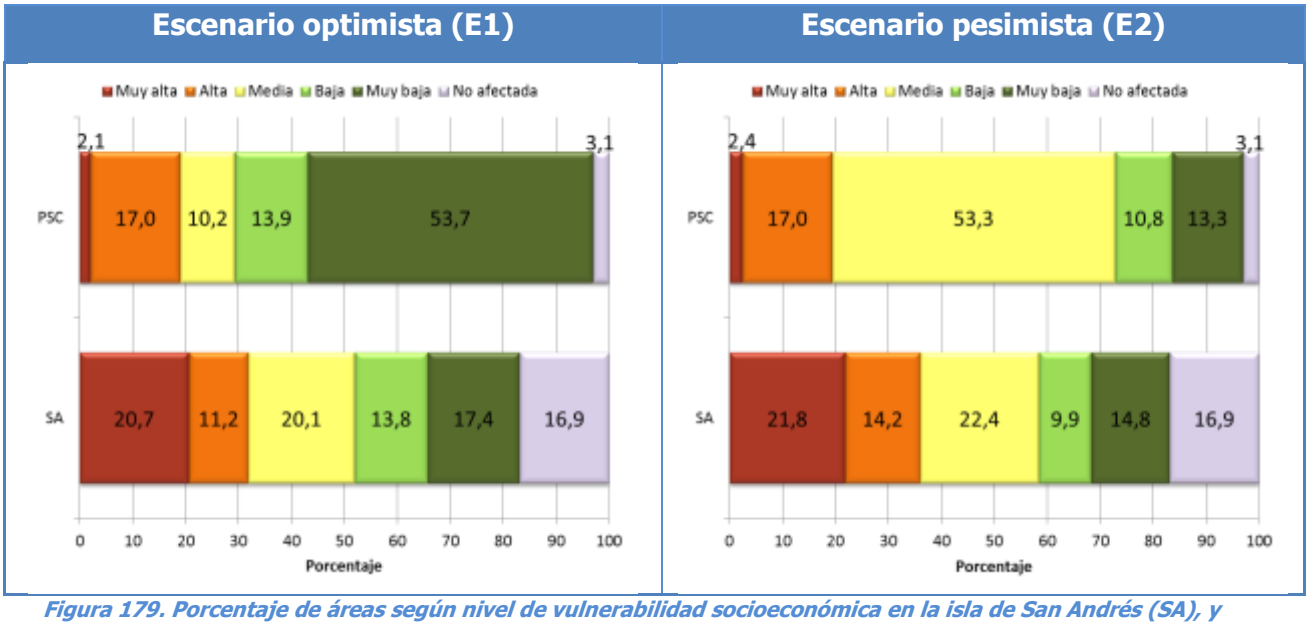


Figura 179. Porcentaje de áreas según nivel de vulnerabilidad socioeconómica en la isla de San Andrés (SA), y Providencia y Santa Catalina (PSC), escenario optimista y pesimista.

En términos geográficos, en la isla de San Andrés las mayores diferencias se observan en la parte sur de la isla en el sector de Bowie Bay, en la cabecera municipal se presentan cambios significativos y como resultado en el escenario pesimista se presenta un mayor número de zonas con muy alta vulnerabilidad (Figura 180).

En el escenario pesimista, para el año 2040 en la isla de San Andrés la zona en donde se concentran los niveles más altos de vulnerabilidad se encuentran en la parte este de la isla, la mayor parte de la costa este presenta vulnerabilidad "alta" o "muy alta", con excepción del Km. 17 que presenta vulnerabilidad "media". Uno de los determinantes más importantes para que se presenten diferencias considerables entre el este y oeste de la isla, es el nivel de exposición que se presentan en las direcciones geográficas, puesto que en el este se encuentran las áreas con mayor posibilidad de ser inundadas (Figura 180).

Para Providencia y Santa Catalina, las mayores diferencias en los escenarios se presentan en el centro y sur de la isla de Providencia, en donde se presentarán cambios de polígonos con vulnerabilidad "muy baja" y "'baja" a vulnerabilidad "media". En el escenario pesimista, la isla de Santa Catalina no presenta cambios con respecto al escenario optimista, el centro poblado de la isla presenta "muy alta" vulnerabilidad, mientras el resto tiene vulnerabilidad "muy baja". En la isla de Providencia, la mayor parte del territorio presenta vulnerabilidad "media", se observa vulnerabilidad "alta" en el sector del aeropuerto y Parque Natural Old Providence, que es la zona con el mayor número de áreas inundables de la isla para el 2040, afectando el sector de la empresa prestadora de energía, y con ello se presenta este polígono con "muy alta" vulnerabilidad. En Winston Bay, se presenta "muy alta" vulnerabilidad, y es la zona de concentración de actividades comerciales de la isla. En el sector de Black Sand Bay y Old Town Bay se presenta alta vulnerabilidad (Figura 181).

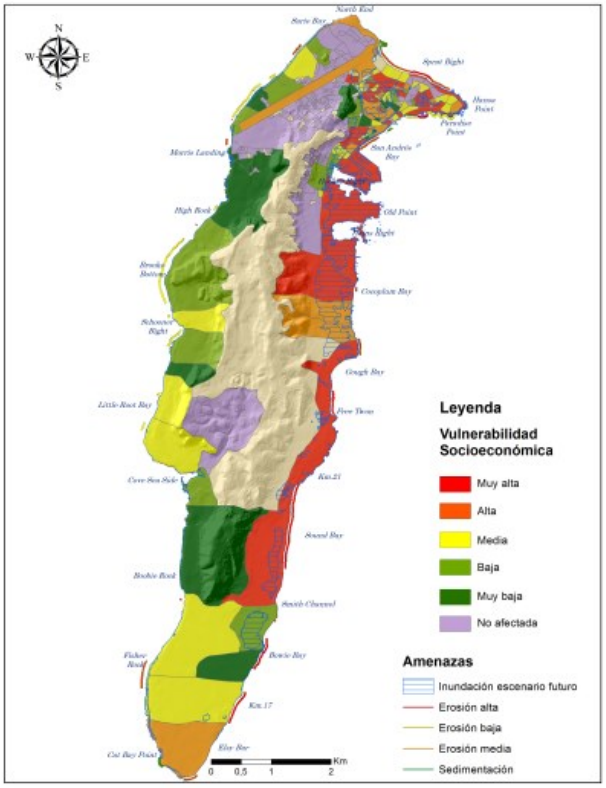
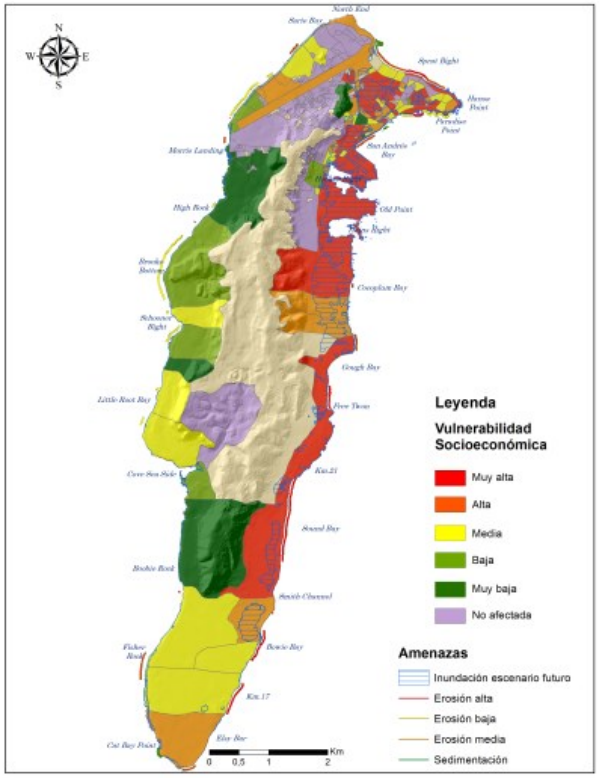
Escenario optimista	Escenario pesimista
	

Figura 180. Sensibilidad social de San Andrés Isla en los escenarios 2040.

Escenario optimista	Escenario pesimista

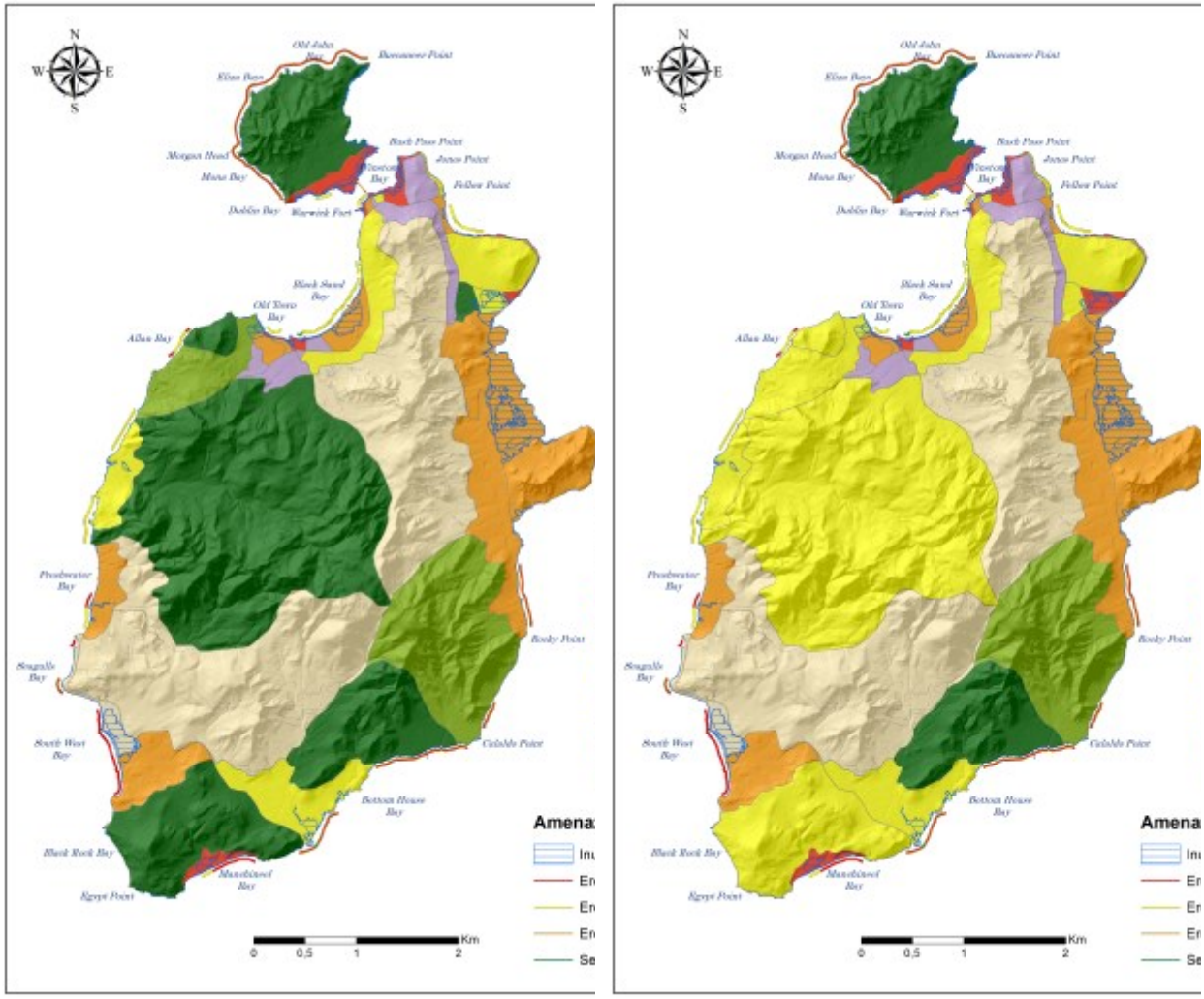


Figura 181. Sensibilidad social de Providencia y Santa Catalina en los escenarios 2040.

2.7. PERFIL DE VULNERABILIDAD PARA EL ARCHIPIÉLAGO

El perfil de vulnerabilidad resume de manera sintética la vulnerabilidad de algunos componentes y elementos analizados en esta investigación, resulta en una evaluación cualitativa que es resultado del análisis cuantitativo. Para esta evaluación cualitativa se asignó a cada componente una evaluación, en donde existe tres calificaciones de vulnerabilidad; crítica, alta y baja.

En la isla de San Andrés los elementos que presentan una vulnerabilidad crítica corresponden a las zonas de uso habitacional, las cuales presentaran altos impactos por la pérdida de viviendas y con ello, la pérdida de calidad de vida de la población. De igual forma, las áreas de conservación presentan vulnerabilidad crítica, puesto que gran parte de los ecosistemas pueden verse inundados, esto trae pérdidas de ecosistemas, e igualmente se pierden espacios en donde se generan servicios ecosistémicos a la población, como la pérdida de lugares con importancia

paisajística que ofrecen el servicio de recreación, áreas para la protección de eventos extremos, secuestro de carbono, entre otros. La mayor parte de los elementos señalados presentan alta vulnerabilidad, por las características geográficas propias de la isla de San Andrés, en donde la ubicación de los elementos más importantes se encuentra cerca del litoral. La Agricultura tiene una baja vulnerabilidad, es producto de la poca importancia que tienen en la isla las actividades agrícolas, donde solo existen cultivos de pancoger que se presentan de manera temporal y que no alcanza a suplir el mercado local, la mayor parte de los suministros de la isla se obtienen de mercados externos, aunque los impactos directos sobre la agricultura no son considerables, la condición de alta dependencia de mercados externos lleva a la isla a que pueda presentar problemas en el caso de un evento climático extremo que dificulte el transporte de alimentos a la isla y comprometiendo la seguridad alimentaria de su población (Tabla 76).

Para Providencia y Santa Catalina, los componentes relacionados con áreas de conservación presentan vulnerabilidad crítica, teniendo en cuenta que gran parte de las áreas en donde se encuentran elementos importantes para la conservación pueden ser impactados, y con ello se pueden ocasionar pérdidas en el suministro de bienes y servicios que estos ecosistemas prestan, el servicio recreativo prestado a la actividad turística puede ser impactado, por pérdida de activos importantes. Las actividades turísticas, y las zonas habitacionales presentan vulnerabilidad alta, puesto que se verá impactado por la inundación de zonas en donde se encuentran localizadas las viviendas, y también en los lugares de interés turístico, como instalaciones hoteleras y recreativas, y playas. Transporte terrestre y agua tienen una alta vulnerabilidad, teniendo en cuenta que los elementos de estos componentes presentan altos impactos, en el caso de transporte terrestre se pueden perder carreteras de importancia en la isla, y para el agua, se pueden ocasionar procesos de salinización de pozos de importancia para el suministro de agua en la isla. Los demás componentes presentan baja vulnerabilidad, teniendo en cuenta la baja representatividad del comercio y las actividades portuarias en las islas en comparación a la isla de San Andrés. En términos de agricultura, esta presenta poca representatividad en la isla, y para la salud, históricamente la isla presenta un bajo registro de enfermedades de contagio por vectores que pueden estar asociadas a las inundaciones (Tabla 76).

Tabla 76. Perfil de vulnerabilidad en San Andrés y Providencia y Santa Catalina.

Componentes	San Andrés	Providencia y Santa Catalina
Habitacional	Crítica	Alta
Turismo	Alta	Alta
Comercio	Alta	Baja
Conservación	Crítica	Crítica
Portuario	Alta	Media
Transporte terrestre	Alta	Alta
Salud	Alta	Baja
Agricultura	Baja	Baja
Suministro de agua	Media Acuífero SAI Alta Acuífero PVA	Media

2.7.1.1. Componente físico

Los fenómenos hidrometeorológicos y oceanográficos y su interacción, relacionados con tormentas (marea meteorológica), ciclones tropicales (Depresión tropical, tormenta tropical y

huracán), frentes fríos, lluvias extremas, tempestades prolongadas, alta dinámica del oleaje combinado con altos niveles del mar, mares de leva, vientos alisios, en conjunto con los fenómenos macroclimáticos como el ENOS en sus dos fases extremas El Niño (fase cálida) y La Niña (fase fría), y las variaciones en los ciclos unimodales de la lluvia entre otras variables climatológicas, representan un grado de riesgo de importancia en el Departamento por sus efectos relacionados con inundaciones recurrentes de carácter urbano y costero y procesos erosivos de borde costero, identificados en el escenario actual del presente estudio.

En la identificación de segmentos con erosión costera actual se determinó que las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina cuentan con 5242,8 metros lineales de fenómenos relacionados con erosión costera de categoría alta, 8131,3 metros lineales de erosión costera media y 7114,8 metros lineales de erosión costera baja, siendo las zonas más críticas sectores tales como Spraht Bight, San Luis, vía circunvalar al occidente de la isla y Sound Bay, para la isla de San Andrés y Bottom Hose, Fresh Water Bay, Manchineel Bay para la isla de Providencia.

Dentro de los impactos identificados en el escenario actual relacionados con el aumento de incidencia de los procesos erosivos por los fenómenos identificados de mayor relevancia, se encuentran el deterioro de la bancada vial principal en la isla de San Andrés producto de su ubicación a borde costero, perdida del adoquinado de la peatonal construido sobre la duna de playa, lo que ha implicado un sobrecosto en el mantenimiento de estas líneas, perdida, colapso y eliminación de cocoteros en el borde costero por erosión y exposición de raíces, colapso de muros de protección y socavación de sus bases, colapso de tuberías de conducción de agua, construcción de estructuras duras capaces de resistir los embates del viento y oleaje y por ende pérdida temporal o permanente de calidad del paisaje y atractivo en las playas y las implicaciones económicas de esto y claros retrocesos en la longitud y ancho de las playas producto de eventos extremos.

Las coberturas con mayor afectación de erosión costera en la isla de San Andrés, corresponden a zonas arenosas naturales (9,7% de área afectada), afloramientos rocosos (9,1% de área afectada) y tejido urbano continuo (2,2% de área afectada. Para la isla de Providencia el panorama es similar con mayor afectación de erosión costera en zonas arenosas naturales (9,3% de área afectada), afloramientos rocosos (8.6% de área afectada), tejido urbano continuo (4,3% de área afectada), bosque denso alto de tierra firme (3,7% de área afectada) y arbustal abierto (2,6% de área afectada).

La afectación de la erosión costera sobre las diferentes geoformas de la isla de San Andrés, se da en mayor medida en las playas (46,1% de área afectada), borde arrecifal costero (37% de área afectada) y rellenos artificiales (11,5 % de área afectada). Para la isla de Providencia se presenta en montañas de flujos de lava y escoria moderadamente inclinadas y disectadas (26,2% de área afectada), depósito coluvial moderadamente inclinado y disectado (24,6% de área afectada), playas (16,4 % de área afectada), montañas de flujos de lava y dep volcaniclásticos bajas fuertemente inclinadas y disectadas (10,4%) y montañas de flujos de lava, depósitos piroclásticos y epiclásticos fuertemente inclinadas y disectadas (6,7%).

En cuanto a los impactos en el escenario actual presentados en el recurso hídrico subterráneo, éstos están directamente relacionados con actividades antrópicas de extracción y condiciones geológicas específicas de la isla de San Andrés, que le imprimen al sector occidental condiciones de vulnerabilidad a la salinización por el desarrollo de grandes cavernas y grietas que se convierten en conductos directos del agua del mar hacia las fuentes hídricas subterráneas y a la zona oriental de la isla, la cual presenta un basculamiento tectónico hacia el Este, cierto grado de vulnerabilidad

a la salinización pese a que cuenta con barreras naturales de protección como lo son los humedales y manglares de borde costero. Por otro lado y no menos importante los impactos evidenciados en los acuíferos también están condicionados por los regímenes de precipitación y la recarga efectiva que se pueda dar hacia los mismos, posibilitando o no procesos de salinización.

En cuanto a los impactos más relevantes asociados a inundaciones se identificó para el escenario actual, el colapso en los sistemas de acueducto y alcantarillado por rebosamiento tanto de aguas lluvia, negras y grises como por el ingreso del agua del mar, anegamientos permanentes en el sector turístico, afectando de manera significativa las actividades comerciales y por ende el colapso de la capacidad de respuesta de los entes de emergencia, colapso del sistema de transporte y suministro eléctrico, pérdidas materiales y físicas recurrentes, amplias áreas de estancamiento de aguas, interrupción en las actividades aéreas y proliferación de vectores por estancamiento de aguas.

En cuanto a los impactos determinados para el escenario futuro de inundación e incremento del nivel del mar en relación con la erosión costera y retroceso de playas, se concluye que los sistemas naturales como las playas y marismas serían los más afectados por la erosión trayendo consigo afectación de unidades paisajísticas, del equilibrio ecosistémico, de las actividades turísticas, asentamientos humanos, infraestructura urbana y rural pública y privada entre otros, con grandes implicaciones económicas. Se podrían esperar afectaciones de la malla vial cercana a la costa principalmente en la vía circunvalar de la isla de San Andrés, generando desplazamiento urbanístico debido a que su diseño actual no tiene en cuenta su cercanía al mar, lo que implicaría su gradual deterioro y la necesidad de mayores inversiones en su mantenimiento.

Se concluye que se producirá un aumento total de la cota de inundación en todo el litoral inducido principalmente por el aumento del nivel medio del mar. Sectores como la costa oriental y occidental de la isla de San Andrés, costa nor-occidental y nor oriental de la isla de Providencia y costa sur oriental de la isla de Santa Catalina, presentarán un aumento mayor que en el resto del litoral debido a la reducida pendiente de las zonas litorales adyacentes a las playas.

Según las estimaciones de longitud, la erosión costera alta en el escenario futuro para la isla de San Andrés podría incrementar en un 21% y la media en un 31%, por otro lado la erosión baja y sedimentación presentaran disminuciones proporcionales con el incremento de zonas críticas, lo cual implicaría mayores afectaciones en la infraestructura pública y privada del borde costero. Respecto a las islas de Providencia y Santa Catalina, se puede observar que según las estimaciones, la erosión alta podría incrementar en un 152% y la media en un 159%, por otro lado la erosión baja y sedimentación presentaran disminuciones proporcionales con el incremento de zonas críticas.

Dentro del análisis de impactos asociados a la salinización de acuíferos la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Minas. Escuela de Geociencias y Medio Ambiente para CORALINA en el año 2010, se estableció escenarios de acuerdo a planteamientos de las posibles consecuencias del Cambio Climático y en cuanto a la variación del nivel del mar se modelaron y simularon diferentes tasas de aumento del nivel del mar dentro de los 12 años de simulación, los cuales en todos los casos superan la tasa de incremento establecida en el presente estudio (2,3 mm/año, 5,98 cm para 2040), concluyéndose que el aumento del nivel del mar a la tasa evaluada no tiene mayor impacto sobre las aguas subterráneas de la cuenca del Cove, más si, sobre las del acuífero San Luís, por lo cual a 2040 un incremento del nivel del mar de 5,98 cm tendría bajo impacto en el acuífero San Andrés e impacto moderado a bajo en el acuífero San Luis, debido a

que es éste se encuentra en contacto con el agua del mar y que en la actualidad presenta salinidades muy altas.

Es importante también considerar que los impactos de la salinización podrían afectar en mayor medida la zona occidental de la isla debido a su entramado kárstico, que permitiría la interacción del agua de mar con cavernas que conectan al acuífero, sin embargo el basculamiento de la isla hacia el Este podría contribuir a los impactos en salinización no sean de gran significancia. En el caso de la zona oriental, aunque cuenta con mayor protección por la existencia de ecosistemas reguladores del recursos hídrico como humedales y manglares y de control de energía de corrientes como arrecifes de coral, el basculamiento que le imprime una topografía más baja, podría favorecer procesos de salinización en áreas que actualmente son aprovechadas para el abastecimiento de agua de consumo doméstico.

Es importante plantear la necesidad de establecer escenarios de cambio climático en los que se varíe la recarga con tendencia a la disminución e incremento de los caudales de explotación, con el fin de evidenciar si estos comportamientos incrementan la afectación de salinización a los acuíferos.

2.7.1.2. Componente biótico

El panorama de la base natural del Archipiélago es incierto, pues sumado a las problemáticas e impactos que directamente ocasiona el hombre como el crecimiento desordenado de las áreas urbanas, contaminación, rellenos en áreas de manglar, invasión de playas, entre otras, se le suman los efectos del cambio climático.

Casi un 90% de los ecosistemas presentes con posible influencia del ANM están en áreas críticas dónde los efectos de esta amenaza son mayores, tal es el caso de los ecosistemas de manglar que al estar de frente al mar, son unos de los primeros afectados.

Al estar muchas veces rodeados de estructuras de concreto (vías, casas, edificios, hoteles, etc.,) estos ecosistemas no serán capaces de adaptarse y con el tiempo se irán perdiendo estas coberturas, panorama parecido ocurre con los ecosistemas de playa, que según los monitoreos que se ha realizado para las islas están perdiendo gradualmente kilómetros por año. Al disminuir el área de estos ecosistemas, se van perdiendo los servicios ecosistémicos que prestan que incluyen las funciones de protección, sustento y refugio.

2.7.1.3. Componente socioeconómico

La isla de San Andrés presenta concentración de población en la cabecera al norte de la isla, el 72,9% reside en esta en el año 2013, mientras en Providencia y Santa Catalina se presenta una menor concentración al ubicarse la población de manera dispersa en la cabecera y en otros centros poblados, esto implica que frente a la inundación los impactos pueden resultar mayores, en el caso de San Andrés en términos de viviendas se afecta el 14,5% con los mayores impactos en la cabecera municipal, mientras en el escenario futuro alcanza el 18,7% de las viviendas. Las características socioeconómicas y geográficas de Providencia y Santa Catalina conllevan menores impactos sobre las viviendas, donde se pueden ver afectadas el 6,8% de las viviendas, y en el escenario futuro 8,4%. Esta condición nos muestra que San Andrés puede presentar mayores impactos producto de la ubicación de las viviendas y de condiciones socioeconómicas precarias.

Para las actividades económicas se observa también concentración en el litoral de las islas, esta ubicación geográfica de las actividades lleva a que se ocasionen impactos en más del 10% del PIB departamental actual y futuro. De este modo, bajo el escenario futuro y teniendo en cuenta que las instalaciones necesarias para esta actividad se concentran en el litoral en zonas donde se pueden presentar la mayor exposición a la inundación, se ocasionaran altos impactos por pérdida de infraestructura, playas y belleza escénica.

La gran dinámica e importancia que representa la actividad turística y comercial para las islas, representa otro factor de riesgo de sufrir impactos por el aumento del nivel del mar, el alto flujo de población flotante que ingresa a las islas y que demandan bienes y servicios ocasionan mayor presión sobre el sistema insular, y con ello presionando por el aumento de la vulnerabilidad.

Otro de los factores que inciden en el aumento de la vulnerabilidad, es la amenaza de erosión lo cual lleva directamente a la pérdida de viviendas y activos, además aumenta el riesgo de inundación por aumento del nivel del mar, en este caso la erosión en la isla de San Andrés presenta mayores impactos en el sector turístico, el 35% del litoral de uso "turístico y recreacional" se encuentra con alta erosión, de igual forma el uso "turístico" presenta alta erosión en el 16% de la costa, teniendo en cuenta que el turismo es la principal actividad económica de la isla, esta degradación del litoral ocasionará altas pérdidas de la infraestructura, así como de playas de interés turístico, que pueden disminuir los ingresos y empleos del sector.

De manera sintética, los elementos que presentan una vulnerabilidad crítica correspondes a las zonas de uso habitacional, las cuales presentaran altos impactos por la pérdida de viviendas y con ello, la pérdida de calidad de vida de la población. De igual forma, las áreas de conservación presentan vulnerabilidad crítica, puesto que gran parte de los ecosistemas pueden verse inundados, esto trae pérdidas de ecosistemas, e igualmente se pierden espacios en donde se generan servicios ecosistémicos a la población, como la pérdida de lugares con importancia paisajística que ofrecen el servicio de recreación, áreas para la protección de eventos extremos, secuestro de carbono, entre otros.

Recomendaciones para los lineamientos de adaptación

A partir del análisis integrado de la información por componente surgieron algunas recomendaciones que aportan a la formulación de los lineamientos de adaptación al cambio climático para el Archipiélago (Tabla 77).

Tabla 77 .Recomendaciones para los lineamiento de adaptación.

Componente	Recomendaciones
Biótico	• Es indispensable incluir como determinantes ambientales en los instrumentos de planificación los sitios que se han identificado como vulnerables ante al ANM, para que los procesos de planificación estén acordes con la realidad del territorio, con el tiempo se puedan reducir los impactos y se esté preparado para asumir los impactos del cambio climático en las islas. • El monitoreo de las condiciones de los ecosistemas estratégicos reviste importancia pues para la toma de decisiones encaminadas a su protección, lo ideal es tener la información suficiente para atender las necesidades específicas de conservación, recuperación y protección.

Componente	Recomendaciones
	• Las labores de educación ambiental que vayan encaminadas a la protección de los manglares, playas, litorales, bosques y humedales del Archipiélago, se deben articular a los procesos de educación de escuelas y colegios. • Se tendrían que evaluar los mecanismos de protección que se han llevado a cabo hasta ahora, pues los manglares que están en el área urbana tienen pocas posibilidades de sobrevivir y si se toman decisiones acerca de su conservación, en algunos sitios deberían hacerse demoliciones o reubicación de construcciones que obstruyen su crecimiento natural y afectan su capacidad de resiliencia.
Socioeconómico	• En el análisis de escenarios futuros, incluir posibles cambios en las coberturas y en el uso del suelo, puesto que seguramente habrá un cambio de los patrones de uso, además a razón de la propia amenaza climática, por ejemplo, habrá tierras de cultivo que se pueden perder por efecto del cambio climático, y por ende cambiará su uso. • Realizar investigación de la valoración económica de los bienes y servicios suministrados por los ecosistemas claves en el archipiélago, y de esa forma poder utilizar esta información para cuantificar la posible pérdida que genera a la sociedad el deterioro por cambio climático de estos ecosistemas, e utilizar esta información en ejercicios de costo – beneficio de los proyectos desarrollados y por desarrollar en la isla. • Realizar investigación que permita conocer el efecto de las amenazas climáticas sobre el número de capturas de los recursos marinos y costeros en el archipiélago. • Realizar investigación que permita evaluar el capital social (cultura) y redes, existente en el archipiélago, como una forma de fortalecer la capacidad de adaptación de estas comunidades. • Consolidar un sistema de información de población flotante en la isla, que permita tener información oportuna para la toma de decisiones en el manejo del sistema insular.

2.8. PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL ARCHIPIÉLAGO

El ascenso en el nivel del mar (ANM) es una de las amenazas climáticas que para las zonas costeras del mundo recae mayor interés, pues las comunidades que se asientan allí tienen una relación directa con el mar, las actividades económicas de mayor envergadura tienden a desarrollarse en la costa, y sin dejar de lado que los ecosistemas marino-costeros presentes en estas áreas prestan un sin número de bienes y servicios a las poblaciones. Todas estas condiciones hacen que la afectación a los sistemas sociales, económicos, culturales y naturales, conlleve a efectos de gran impacto.

El diseño de una propuesta de lineamientos de adaptación por ANM para el archipiélago, es una prioridad; a partir de allí deben generarse acciones que ataquen las problemáticas sobre los sistemas más vulnerables y que a su vez se minimicen los impactos que genera el ANM.

Los tomadores de decisiones en torno al desarrollo territorial deben tener en cuenta e incorporar las consideraciones del cambio climático en los instrumentos de planificación, tanto los planes nacionales (Plan Nacional de Desarrollo –PND-), los planes regionales (Plan de desarrollo Departamental) y los planes de desarrollo a nivel local (Plan de Ordenamiento Territorial (POT) y los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS), entre otros (DNP, 2012).

Para el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, además de la importancia de la inserción del tema ascenso en el nivel del mar (ANM) y su potencial amenaza para la población y ecosistemas expuestos, juega un papel crucial en las decisiones que se tomen para el desarrollo económico de las islas.

A la hora de formular las acciones y medidas de adaptación se deben cumplir algunas condiciones que facilitan que el proceso abarque el análisis de vulnerabilidad integral, además tenga en cuenta los actores e instituciones con competencia e interés en el tema. Teniendo en cuenta la relación entre el conocimiento local y el conocimiento científico, los lineamientos de adaptación se construyen a través de 6 etapas complementarias (Tabla 78).

Tabla 78. Etapas para la definición de acciones de adaptación para el Archipiélago.

Etapas a seguir en la definición de acciones de adaptación para el Archipiélago	
Perfil de vulnerabilidad	**Etapa 1: Diagnóstico de vulnerabilidad e impactos futuros.** Evaluar e identificar vulnerabilidades e impactos. Determinación de la vulnerabilidad asociada al ANM para las islas desde la perspectiva de cada componente. **Etapa 2: Perfil de vulnerabilidad.** Determinar regiones, grupos vulnerables y características de vulnerabilidad. A partir del análisis de impactos por componente.

Etapas a seguir en la definición de acciones de adaptación para el Archipiélago	
Formulación de lineamientos de adaptación	**Etapa 3: Enfoque de adaptación.** Se identifican las opciones de adaptación útiles para enfrentar el ANM, para el caso de las islas la elección de un enfoque múltiple el cual contempla las alternativas de adaptación (ecosistemas, comunidades, y obras de infraestructura), que contribuya a que a 5 o 10 años se logre un territorio adaptado al cambio climático **Etapa 4: Acciones de adaptación.** Identificación de posibles medidas de adaptación para reducir los impactos. Búsqueda de alternativas de adaptación en las poblaciones o sectores que presentaron la mayor vulnerabilidad. Identificación programas, proyectos, acciones, iniciativas de nivel nacional, municipal que tengan incidencia en la adaptación al cambio climático (ANM). **Etapa 5: Competencias y financiación.** Identificar las instituciones con competencia y actores que pueden hacer parte de la ejecución. **Etapa 6: Líneas estratégicas y programas.** Se agrupan y priorizar medidas, por líneas estratégicas y programas.

2.8.1. *Objetivo y enfoque de adaptación*

El objetivo general de los lineamientos de adaptación para el Archipiélago es el de "*Generar la capacidad de adaptación del archipiélago frente al ANM, con conocimientos suficientes de sus impactos y vulnerabilidad, generando acciones planificadas que permitan minimizar los efectos del ANM para su desarrollo ecológico, económico y social y que se asegure su sustentabilidad*".

Además del objetivo general de las acciones de adaptación para ANM en San Andrés y Providencia, se deben tener en cuenta las prioridades que a nivel mundial según el Marco de Acción de Hyogo 2005-2015 (MAH), se han identificado para la reducción de las pérdidas causadas por los desastres, en términos de vidas y bienes sociales, económicos y ambientales en las comunidades y países. Las cinco prioridades del MAH son:

1. Desarrollar capacidad institucional: Garantizar que la reducción del riesgo de desastres sea una prioridad nacional y local que cuenta con una sólida base institucional para su aplicación.
2. Conocer sus riesgos: Identificar, evaluar y monitorear los riesgos de desastre y mejorar los sistemas de alerta temprana.
3. Incentivar la comprensión y la concientización pública: Haciendo uso del conocimiento, la innovación y la educación, incentivar una cultura de seguridad y resiliencia en todos los niveles.
4. Reducir el riesgo: Reducir los factores básicos de riesgo a través de medidas de planificación territorial, ambiental, social y económica.
5. Prepararse y estar listo para actuar: Fortalecer la preparación en caso de desastre para asegurar una respuesta eficaz en todos los niveles.

2.8.2. *Mapeo institucional*

Por cambio climático se entiende: un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (Naciones Unidas, 1992). La definición acogida considera que el cambio climático obedece siempre en menor o mayor medida a la actividad del hombre y en este orden de ideas, es precisamente el hombre quien debe intentar mitigar y disminuir esos impactos que ha ocasionado, preparándose para afrontar las consecuencias debidas a disturbios por efecto del cambio climático, pues aunque algunas acciones para intentar superar las vicisitudes relacionadas al cambio climático se pueden dar inmediatamente, hay otras que es necesario planificar y desarrollar con anterioridad a los sucesos, para reducir la vulnerabilidad de un sector específico y a la vez aumentar su adaptación.

En el momento de intentar reducir la vulnerabilidad de un sector hay varios aspectos que se deben analizar, pues se evidencia de primera mano que se debe a la concordancia de múltiples componentes, ellos conforman el entorno en una época determinada. Hay una multiplicidad de factores que se deben tomar en consideración, como las cualidades ecosistémicas presentadas en el sector, su aspecto geográfico, sus cualidades biológicas; también es necesario analizar la dinámica del ambiente político en la zona y la gestión del gobierno en torno a los temas que se van a considerar, en nuestro caso: el manejo del ANM.

En materia de ascenso del nivel del mar (ANM) se necesitan mecanismos de integración entre las entidades y armonización de las normas que en Colombia existen para manejo costero. En otras palabras se necesita mejorar la gobernabilidad y capacidad institucional con las cuales el país responderá al problema del ANM a medida que este se produzca (Invemar, 2003).

En virtud de lo anterior y considerando que es necesario analizar la gobernabilidad, para conocer cómo se da la dinámica de las políticas y para intentar mejorar las que se estén implementando e incluso crear nuevas iniciativas que propendan por disminuir la afectación del sector ante cualquier perturbación, se hace el análisis de los aspectos fundamentales de la gobernabilidad en el territorio insular de San Andrés, Providencia y Santa Catalina frente al ANM y el riesgo que implica el mismo. Lo anterior desde dos puntos fundamentales para la gobernabilidad, los actores institucionales que intervienen en el proceso y las políticas y proyectos relacionados.

Los actores son elementos claves que interactúan con los demás elementos que componen la zona costera, además, son los grupos claves de interés en la problemática ambiental costera que pueden participar en la solución de conflictos costeros (Invemar, 2003).

2.8.2.1. Actores institucionales según su función y ámbito territorial

Existen varias funciones dentro de las que se pueden desenvolver los actores, esas funciones no son excluyentes, es decir, un mismo actor puede generar acciones dentro de varias funciones, por ejemplo: la Asamblea Departamental del Archipiélago y el Concejo Municipal de Providencia desempeñan, ambos, funciones de planificación, pero también desarrollan una función política, este es solamente uno de los ejemplos que podemos ver reflejados en la Figura 182 que se presenta en el Anexo 3.

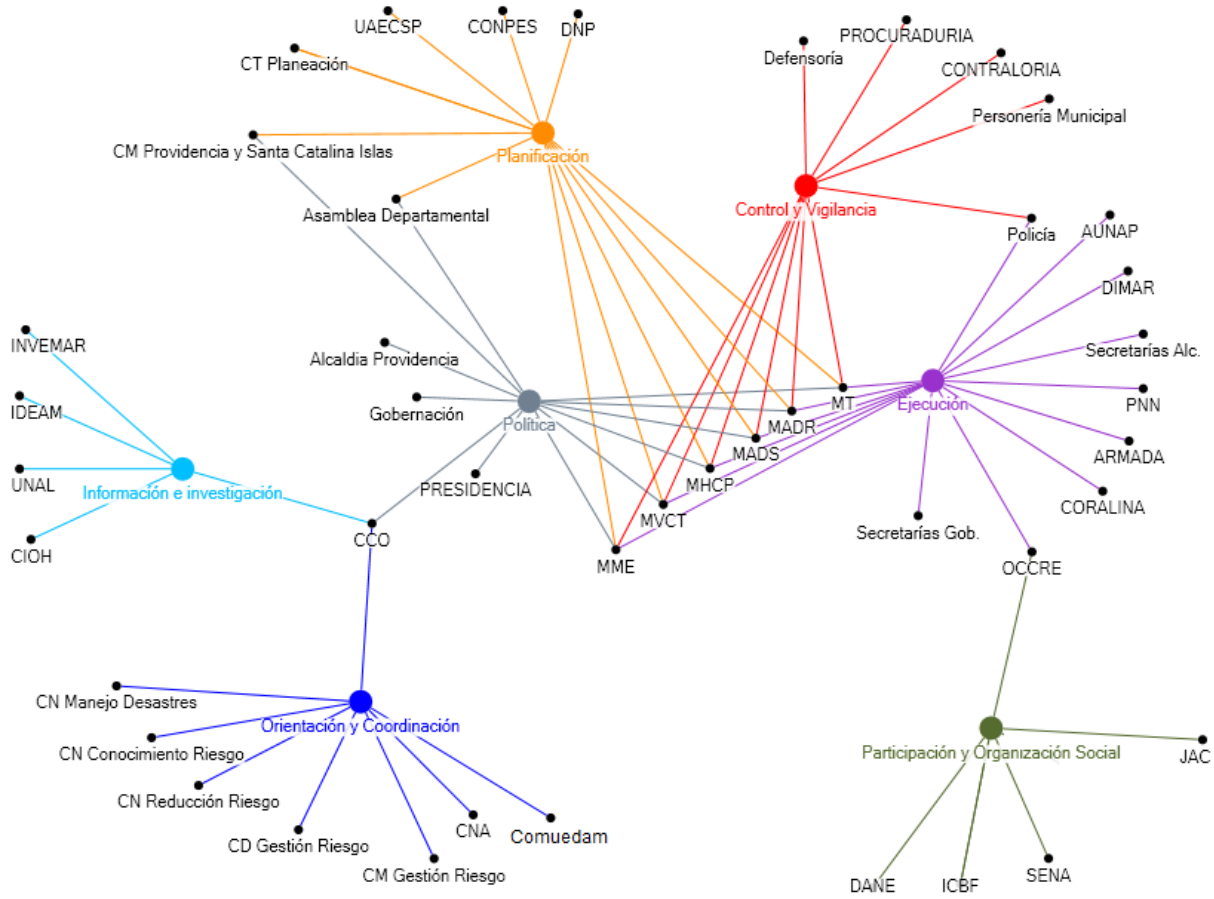


Figura 182. Diagrama de instituciones con injerencia en el tema de cambio climático, clasificados de acuerdo a su función.

En virtud del ámbito en el que se despliegan los actores (nacional, departamental y municipal), es necesario comentar que algunos actores no se circunscriben a sólo uno de éstos, como el caso de la procuraduría que se da en al ámbito nacional con la Procuraduría General de la Nación y en el Departamento por medio de la Procuraduría Regional o la oficina de la OCCRE que ejerce funciones tanto en el ámbito departamental como en el municipal. Para efectos de visualizar lo comentado se realiza la Figura 183 que aparece a continuación:

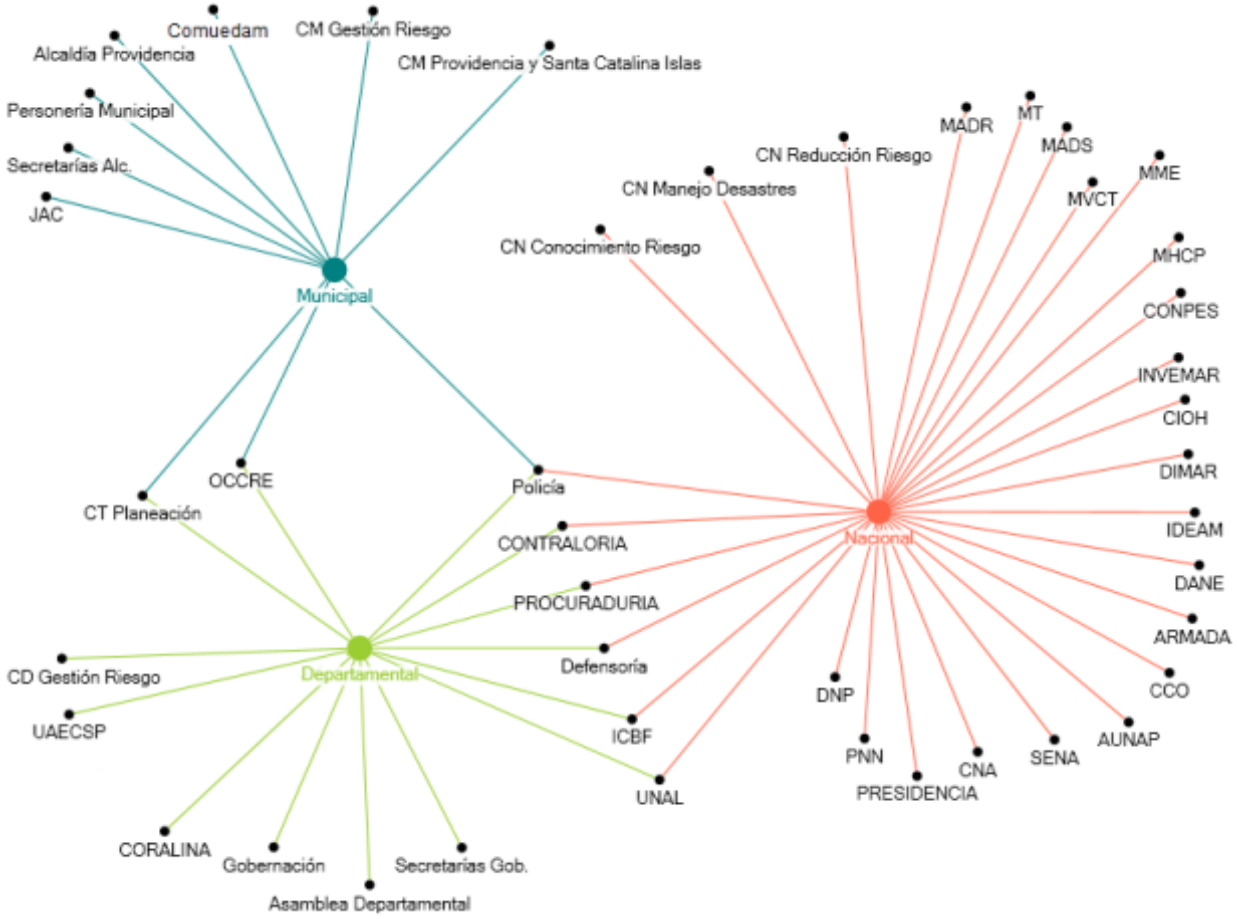


Figura 183. Diagrama de instituciones con injerencia en el tema de cambio climático, clasificados de acuerdo a su ámbito territorial.

2.8.2.2. Actores institucionales según su importancia

Los actores se clasificaron de acuerdo a su nivel de importancia e influencia en el tema, para efectos de ilustrarlo se construyó un modelo para catalogarlos (Tabla 79), en donde se discriminan a los actores según lo anterior, en la Figura 184 se pueden visualizar fácilmente las entidades y su grado de importancia. Es menester aclarar que la importancia de los actores varía según una serie de influencias, como: la normatividad actual, las tendencias locales, cuestiones políticas, etc. Por eso se colige que los actores al año 2014 tienen un grado de importancia tal y esta puede variar en los años venideros y así mismo en próximos años, puede haber actores nuevos que desarrollen roles que actualmente no están desempeñando.

Tabla 79. Tipos de actores en el Archipiélago.

Actor	Función
Actor Indispensable	Son actores que contribuyen o pueden contribuir directamente en el proceso de planificación territorial, inciden directamente en las acciones de adaptación por aumento del nivel del mar o toman decisiones en el tema.
Actor Importante	Son actores que no tienen poder decisorio, pero contribuyen claramente en el desarrollo del proceso de adaptación y mitigación para el aumento del nivel del mar y en el desarrollo de la investigación e información relacionada.
Actor de apoyo	Estos actores no influyen directamente en el tema, pero tienen una incidencia distante en la misma.

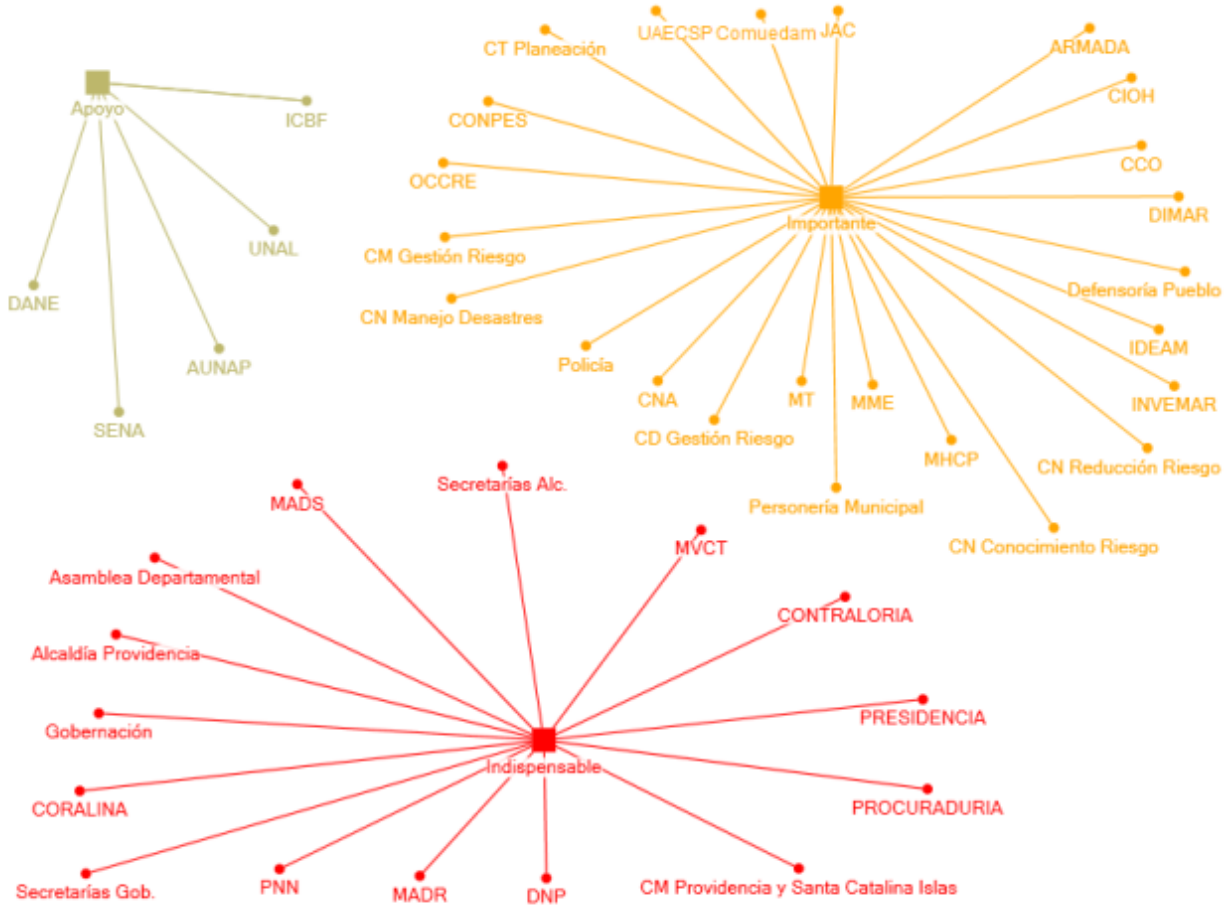


Figura 184. Diagrama de instituciones con injerencia en el tema de cambio climático, clasificados según su importancia

2.8.2.3. Actores sociales

En anteriores apartes se ha hecho la clasificación de los actores institucionales teniendo en cuenta, su función, ámbito e importancia, vale la pena aclarar que estos no son los únicos que inciden o pueden verse afectados; es por esto que se hace un mapeo de actores sociales el cual permite identificar personas y organizaciones que son importantes en la planificación y que aportan en el desarrollo de un proceso determinado. Pueden discriminarse de acuerdo al rol en el que se

desempeñan y su relación con el territorio, para el Archipiélago se discriminaron así: sectores productivos, comunidades locales y grupos étnicos y Ong s y fundaciones (Figura 185), esta clasificación surge de los escenarios de socialización que se han desarrollado en el marco del proyecto y es totalmente dinámica, así que al realizar acciones encaminadas a la adaptación al ANM, en los espacios de construcción de planes y programas y proyectos, se recomienda hacer un sondeo a profundidad de los interesados para garantizar la construcción colectiva de las estrategias de adaptación y su apropiación.

Figura 185. Principales actores sociales

2.8.3. *Planes, políticas y proyectos.*

El análisis de las herramientas de planificación que se presentan en el Archipiélago, es relevante considerando que la mayoría de los planes, políticas o proyectos que se vayan a desarrollar se verán seguramente afectados por el ANM, además se debe tener en cuenta que precisamente para evitar futuras contingencias ambientales, debe haber, hablando del panorama ideal: planes, políticas y proyectos tendientes a mitigar los efectos del ANM.

Políticas:

En materia de políticas no es poco lo que se ha adelantado en materia de ANM, pues si bien muchas de esas no tratan el tema específicamente, sí lo desarrollan en forma tangencial, y determinan las directrices de las instituciones para atender las temáticas encaminadas a la sostenibilidad ambiental (Vides *et al.*, 2012).

A continuación se listan algunas políticas y normas que tienen incidencia en el tema (Tabla 80):

Tabla 80. Instrumentos legales, políticas y planes que determinan las directrices de sostenibilidad ambiental.

Ámbito	Políticas y normas
Nacional	• Plan nacional de desarrollo - PND • Plan nacional de gestión del riesgo de desastres - PNGRD • Ley 388 de 1997. • Política Nacional de la biodiversidad - PNB • Plan Nacional de adaptación al cambio climático - PNACC • Política Nacional del Océano y de los espacios costeros - PNOEC • Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia – PNAOCI • Conpes 3700: Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia.
Departamental	• Plan de desarrollo San Andrés "Para tejer un mundo más humano y seguro" 2012-2015 • Plan departamental de gestión del riesgo de San Andrés -PDGR • Plan departamental de aguas de San Andrés -PDASAI • Plan de acción trienal 2013-2015. Coralina. "Un archipiélago posible - A possible archipelago" • Plan de Manejo de la Reserva SeaFlower. • Ordenamiento ambiental de los manglares del Archipiélago.
Municipal /local	• Esquema de Ordenamiento Territorial de Providencia y Santa Catalina • Plan de Ordenamiento Territorial de San Andrés. • Plan de desarrollo municipal de Providencia y Santa Catalina islas: 2012-2015 "Oportunidades para todos". • Plan de emergencia y contingencia (PLEC) de las islas de Providencia y Santa Catalina • Plan de manejo parque nacional natural Old Providence Mac Bean Lagoon. Resolución 013 de 1996 del Ministerio del Medio Ambiente • Plan de manejo de las aguas subterráneas de San Andrés isla. • Plan de manejo integrado de los manglares de la isla de San Andrés excluyendo el manglar del parque regional de Old Point. • Plan de manejo del Parque Natural Regional de Manglares Old Point Haines Bight - San Andrés Isla. • Plan de ordenación y manejo de la cuenca el Cove (Resolución 760 del 31 de agosto del 2005).

2.8.3.1. Plan de Ordenamiento Territorial de San Andrés isla

Al momento de analizar los instrumentos de planificación que se están implementando se debe tomar en consideración las políticas consignadas en el POT, ya que este es el instrumento básico para desarrollar el proceso de ordenamiento del territorio. Este se define de acuerdo a la Ley 388 de 1997 (artículo 9), como el conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas,

programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo.

Dentro del POT del archipiélago, el decreto número 325 de 2003, se encuentran estatuidos unos objetivos y de estos se desprenden unas políticas y algunas de ellas son relevantes para el ANM como se describirá a continuación:

El artículo 6 del POT adopta objetivos, políticas y estrategias, se mencionarán sólo las que se distinguen importantes en materia de ANM.

a. **Objetivo Departamental:** Manejo integrado del territorio insular.

❖ Políticas del Objetivo Departamental:

1. Priorizar las intervenciones institucionales para la sostenibilidad del recurso agua en la isla de San Andrés.
2. Optimizar los usos del suelo para una mejor distribución poblacional procurando el control adecuado y la mitigación de la actual densidad poblacional.
3. Lograr el manejo integrado de la zona de litoral bajo criterios de conservación, sostenibilidad, y de recuperación del espacio público.

De estas tres políticas se considera relacionada al ANM la última, pues la zona del litoral es un sector muy afectado por el ANM y al propender por criterios de conservación frente al mismo debe tomarse en cuenta el aumento del nivel del mar, dado que este afecta ostensiblemente la zona del litoral, por lo tanto se debe mitigar en los años venideros de alguna forma este problema para mantener y si es posible recuperar el espacio del territorio perdido por el ANM.

b. **Objetivo ambiental 1:** Dinamizar las ventajas competitivas que ella ofrece con el objetivo de construir las nuevas opciones de desarrollo definidas a partir de su condición integrante de la Reserva de Biosfera.

❖ Políticas del Objetivo ambiental 1:

1. Proteger, conservar y restaurar la estructura ambiental del territorio, el sistema de Áreas Protegidas Terrestres y Marinas y los suelos de protección.
2. Orientar la planificación de los usos, ocupación y transformación del territorio.

Estas dos políticas están relacionadas con el ANM, la primera al pretender proteger, conservar y restaurar el ambiente del territorio debe tomar en consideración los temas que estamos tratando (ANM), pues mal se haría intentando lo anterior sin tener en cuenta un tema tan afín como lo es el aumento del nivel de los océanos, y se dice mal se haría, porque un plan que no tenga en cuenta la variación del nivel del mar en una isla está destinado al fracaso; en cuanto a la segunda política consignada en el numeral 2, como en el caso anterior no puede haber planificación sin que se tenga en cuenta el ANM en una zona insular, por tanto es evidente que hay relación con esta política también.

c. **Objetivo ambiental 2:** Orientar la ocupación del territorio insular y el uso del suelo en tal forma que se establezca un equilibrio entre la oferta y la demanda ambiental.

❖ Políticas del Objetivo ambiental 2:

1. Propender por el desarrollo sostenible del territorio
2. Armonizar actividades productivas con el medio ambiente

Se considera que la primera política no está íntimamente relacionada con el ANM, pero podría tener una relación distante, pero no es este el tema que se está tratando, por tanto no se entrará en detalles; por su parte la segunda política sí se considera muy relacionada con el ANM pues al intentar armonizar cualquier actividad con el medio ambiente, en este caso las actividades productivas, se debe analizar al medio ambiente desde una perspectiva holística y un componente importante del medio ambiente es indiscutiblemente el incremento del nivel del mar, por tanto las entidades encargadas de actividades productivas o las que ejercen vigilancia y control sobre éstas, deben prever el ANM y tomar acción no solo para estimar sus estragos, sino para mitigar sus efectos y lograr una verdadera armonía, que es lo que pretende en última instancia esta política.

d. **Objetivo físico urbano:** Cualificar la conformación del territorio urbano de la Isla.

❖ Políticas del Objetivo físico urbano:

1. Controlar la expansión urbana.
2. Lograr la relocalización o reasentamiento de la población asentada en áreas de riesgo no mitigable, espacio público y áreas de protección ambiental.
3. Optimizar los sistemas que integran el territorio urbano de la Isla, tales como los servicios públicos, la red vial y transporte, los espacios públicos, los bienes de valor patrimonial, el sistema de equipamientos.
4. Reordenar los usos y las actividades actualmente vigentes en el suelo urbano.
5. Recuperar, mejorar y habilitar el sector urbano de North End, previendo un mayor aprovechamiento del suelo, propendiendo por la consolidación de vacíos urbanos con posibilidades de urbanización para la proyección programática de vivienda, equipamientos turísticos, servicios complementarios, y espacios públicos efectivos; mejoramiento de las infraestructuras y recuperación de su entorno.
6. Manejo equilibrado del Borde de Litoral.

La primera política presenta una relación distante, pues al aumentar el nivel del mar el territorio insular sufrirá un detrimento, por tanto es necesario controlar la expansión rural, pues es un territorio reducido, que se seguirá reduciendo por efectos de cambio climático; la segunda política tiene una estrecha relación con el aumento del nivel del mar, pues las áreas de riesgo están muy relacionadas al cambio climático y específicamente al ANM; en cuanto a la tercera política se considera fundamental optimizar los servicios públicos y la red vial, optimizarlos en el sentido que estén adecuados para recibir los impactos de ANM; los usos del suelo a su vez deben prever también el ANM; evidentemente la sexta política está relacionada, pues el litoral recibirá de primera mano los embates del ANM.

e. **Objetivo físico rural:** Cualificar la conformación del territorio rural de la Isla.

❖ Políticas del Objetivo físico rural:

1. Conservar las características y patrones tradicionales del suelo rural del territorio.
2. Conservar la vocación agropecuaria del suelo rural.
3. Redimensionar el valor ambiental del suelo rural.
4. Rehabilitación de las áreas de riesgo bajo las directrices de las políticas de reasentamientos por riesgo.

5. Recuperar y rehabilitar el espacio público del suelo rural.
6. Procurar la conservación de los patrones tradicionales de asentamientos que caracterizan el suelo rural.
7. Propender por la proyección de servicios públicos y de saneamiento básico acordes con las características naturales y de protección del suelo rural.
8. Control de la expansión urbana hacia el área rural:
9. Manejo equilibrado del Borde de Litoral.

En cuanto a las políticas del objetivo físico rural se destacan relacionadas al ANM los numerales 5, 7, 8 y 9, pues el numeral 7 propende por dotar al campo de lo necesario para que su población esté con las necesidades básicas cubiertas, eso es fundamental con respecto a cualquier incidencia del cambio climático; los numerales 5, 8 y 9 tienden a recuperar y proteger el espacio rural, toda esta rehabilitación y protección debe considerar al ANM en sus proyecciones.

f. **Objetivo Social:** Implementar y consolidar los asentamientos y ejercer el control de bordes dentro del Modelo de Ordenamiento Territorial Insular.

❖ Políticas del Objetivo Social:

1. Procurar lograr la consolidación del modelo de ocupación.
2. Implementar de manera prioritaria acciones, actividades, proyectos y programas tendientes al reasentamiento de la población ubicada en área de riesgo no mitigable, así como también las que se requieran para cualquier intervención urbanística, cumpliendo los procedimientos establecidos para este fin e implementando estrategias de información, sensibilización, prevención y manejo del riesgo o evento planteado.
3. Coordinar, planificar, implementar y ejecutar los mecanismos para el control de los bordes, respecto de la contención urbana delimitada en el actual perímetro
4. Implementar acciones pertinentes para evitar la expansión de los asentamientos especiales, o las viviendas dispersas del sector rural.
5. Coordinar, planificar, implementar y ejecutar acciones y mecanismos para la recuperación de usos inadecuados, espacios públicos y áreas de riesgo ubicados en el área de Litoral.

Las políticas del objetivo social están estrechamente relacionadas con el tema manejado por este estudio, pues el factor social es el fundamento de cualquier plan, en ese orden de ideas todas las acciones que se desarrollen serán para preservar principalmente el bienestar de las personas, es decir, esta es la finalidad última, el propósito, lo demás son medios para alcanzar ese objeto. Dentro de estas políticas se encuentran algunas relacionadas al ANM como el numeral 2º, pues el reasentamiento de las poblaciones ubicadas en una zona de riesgo es fundamental, sobre todo al considerar al aumento del nivel de mar como un riesgo, además este numeral considera la implementación de estrategias de información, sensibilización, prevención y manejo del riesgo; el numeral 5º también está relacionado al propender por la recuperación de las áreas de riesgo ubicadas en el área de litoral, la relación estriba en que el litoral está manifiestamente vinculado al ANM.

2.8.3.2. Esquema de ordenamiento territorial de Providencia y Santa Catalina

En cuanto al Esquema de Ordenamiento Territorial de Providencia y Santa Catalina adoptado mediante Acuerdo número 015 del 2000. Es pertinente expresar el contenido del artículo 2 del presente Acuerdo: "El ordenamiento territorial comprende un conjunto de acciones político-administrativas y de planeación física concertadas y coherentes, emprendidas por el municipio para disponer de instrumentos eficaces de orientación del desarrollo del territorio y de regulación de la utilización, ocupación y transformación de su espacio físico".

Este artículo brinda un concepto muy claro de lo que es el ordenamiento territorial y en virtud de ello se evidencia la pertinencia de considerar al EOT como una política importante en materia de ANM para Providencia y Santa Catalina, pues aunque no trate específicamente el tema, sí toca algunos de sus aspectos.

Otro asuntos relevantes a considerar frente a el EOT es su vigencia y frente a este tema el artículo 14 del Acuerdo 015 explica que el mismo es adoptado por el término estipulado en la Ley 388 de 1997 en su artículo 28; es decir durante la duración de tres períodos constitucionales de la Administración Municipal, esto corresponde a 12 años, que ya transcurrieron desde la vigencia del acuerdo y en virtud de ello ya se está trabajando sobre la actualización del EOT.

Algunos de los aspectos del ANM son considerados en el EOT por ejemplo los temas de erosión, que se incrementan por el efecto del ANM, son tratados en el artículo 18 del mismo, en el que se desarrollan las políticas y acciones para el logro de los objetivos planteados en el Acuerdo, específicamente en el numeral 2.1.6. Zona de recuperación, en donde se expresa que: "Los principales problemas encontrados en estas áreas se asocian con procesos de erosión acelerados y conflictos severos de uso, los cuales ameritan la implementación de políticas especiales de recuperación".

Y en virtud de ello se dan, entre otras, las siguientes políticas:

"-Se restringirá cualquier uso de la tierra contraria a la aptitud de la zona. Para las zonas de canteras no permitidas su explotación sólo se permitirán acciones de recuperación paisajística por medio de recuperación de la cobertura vegetal y reforestación; en las zonas de erosión costera se prohíbe la localización de cualquier actividad antrópica. En estas zonas no se producirá cambio de uso del suelo una vez se haya producido la recuperación buscada.

-Para las áreas que presentan un estado avanzado de erosión por sobrepastoreo, se desarrollarán prácticas variadas de recuperación y conservación de suelos, en las cuales se incluyan tratamientos biomecánicos unidos al cambio gradual de la utilización de la tierra. En estas zonas se prohibirá el uso en ganadería extensiva y de la agricultura cuando excedan las pendientes establecidas." (subrayado fuera de texto).

La erosión es estimada en varios de los numerales del artículo 18 y en otros del EOT como el artículo 111 que expresa que las zonas de recuperación estarán integradas por las áreas degradadas por erosión y otras.

Es más, específicamente se considera en el artículo 153. "RESTRICCIONES EN ZONAS DE AMENAZAS COSTERAS. Esta clase de suelo está compuesto por corredores costeros de retiro según la magnitud del proceso erosivo, en los cuales no se podrán construir nuevas edificaciones permanentes ni ubicar obras de infraestructura que puedan resultar dañadas por los fenómenos erosivos y eventuales incrementos en el nivel del mar." (Subrayado fuera de texto). En este

artículo se tiene en cuenta el incremento del nivel del mar, pero no se profundiza en este tema e incluso sólo se tiene en cuenta en concordancia con fenómenos erosivos.

2.8.3.3. Proyectos

Con relación a los proyectos se pueden destacar, para efectos de ilustración, los proyectos que se piensa, podrían ser afectados por el ANM. Estos proyectos han sido recopilados por medio de respuestas a oficios dirigidos a diversas entidades, en los que se les envió por parte de CORALINA, un mapa de escenario futuro de inundación, para que informaran, teniendo en cuenta ese mapa, qué proyectos podrían verse afectados por el ANM en la posteridad.

Según respuesta de la Secretaría de Planeación de la Gobernación del Archipiélago, los proyectos que la Administración plantea desarrollar a futuro que podrían verse afectados son:

- Recuperación de playa (norte y sur).
- Muelle de lancheros (Sunrise Park).
- Muelle de embarque de pasajero el cave y Cooperativa Sea Side.
- Estudios y diseños para la construcción de espacio peatonal entre la avenida Newball y Bahía Hooker.
- Acceso a punto de buceo.

De acuerdo a la respuesta a la Secretaría de Servicios Públicos y Medio ambiente:

- Implementación de plan maestro de alcantarillado pluvial de Noth End y Sound Bay (Pepper Hill) de la Isla de San Andrés.
- Rehabilitación construcción y embellecimiento de espacios públicos de uso y tránsito peatonal en SAI.
- Dragados canales de acceso al puente de San Andrés Isla y al puerto de Providencia en el archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina.
- Estudios y diseños para la construcción del espacio peatonal de la avenida Newball hasta Bahía Hooker y parque Old Point en SAI.
- Recuperación de playa en San Andrés.
- Construcción del sistema de alcantarillado del sector rural.
- Construcción de un sistema alternativo de agua potable y saneamiento básico en los sectores Elsy Bar, Botton House y Schooner Bight.

La Secretaría de Turismo informa que podrían verse afectados los siguientes proyectos:

- Mejoramiento de acceso a puntos de buceo en la Circunvalar SAI.
- Mejoramiento y recuperación del sitio de interés turístico en el sector Punta Sur (Hoyo Soplador).
- Construcción de esculturas representativas de nuestro turismo y cultura en SAI.

- Marina de yates y veleros.
- Instalación de boyas y anclaje en la zona de playas SAI.
- Recuperación y adecuación de senderos ecológicos y entorno para el desarrollo ecoturístico en SAI.
- Construcción y adecuación de los kioscos Haines Cay y Rose Cay en SAI.
- Muelle de embarque y desembarque.

La Secretaría de Educación informó por otro lado, que pudieren verse afectados los siguientes proyectos, en virtud del ANM:

- Obras de mantenimiento y adecuación en la Institución educativa Antonio Santos el Rancho en el sector Hophie en San Luis.
- Construcción de Megacolegio CEMED en la vía Tom Hooker en San Luis.
- Construcción de Centro de Desarrollo Infantil en la antigua escuela San Francisco Javier, vía Tom Hooker.
- Construcción de Centro de Desarrollo Infantil del ICBF en el antiguo Centro del Menor Infractor en el sector Bay en San Luis.
- Construcción de Centro de Desarrollo Infantil en la antigua escuela María Auxiliadora en el sector Schooner Bight.

Por parte de Hoteles Decameron San Andrés y Proactiva Aguas del Archipiélago SA ESP, se informó que no se tiene planeado hasta la fecha ningún proyecto en el área de afectación futura.

Teniendo en cuenta los anteriores apartes, es probable que muchos proyectos se vean afectados por causa del ANM, por tanto es adecuado tomar acción para intentar disminuir la vulnerabilidad por efectos del mismo, y también hacer evaluaciones y estudios que permitan prever qué tanto va a aumentar el nivel del mar y qué tanto se va a ver afectada la población asentada en este territorio.

Conclusiones del análisis de gobernabilidad

- Se han identificado planes y proyectos que pueden verse afectados por el ANM, pero hasta el momento ninguno que propenda específicamente por intentar mitigar el mismo.
- La descentralización es un factor que afecta el ámbito en el cual se desenvuelven los actores, por tanto muchos algunos de ellos tienen acción en sector central (nacionales) pero otros al darse la descentralización tienen acción circunscrita a los entes territoriales (departamento y municipio).

Recomendaciones para los lineamientos de adaptación

- Se recomienda a los tomadores de decision, iniciar planes o proyectos en los que se materialice lo estatuido en las políticas o normas relacionadas al ANM, para obtener resultados que se evidencien en el mundo fenomenológico.

- Se debe considerar por parte del poder público tener ciertas prerrogativas en materia de impuestos u otras disposiciones, frente a entidades del orden civil, para que colaboren con los temas de ANM.
- Es atinado atraer la atención de la administración de turno, estudiando las políticas que proponen y acomodando algún plan o proyecto dentro de las mismas, para obtener voluntad política, es claro que si se logra algo en este sentido se debe intentar comprometer a las futuras administraciones para que el proceso no sea interrumpido.
- Se deben aprovechar espacios de actualización de los instrumentos de ordenamiento (POT y EOT) para incluir consideraciones específicas al ANM.

2.8.4. *Lineamientos de adaptación al ANM*

El proceso de adaptación a los efectos del ANM debe incluir la heterogeneidad del territorio para poder generar acciones que estén acordes con su situación actual; es importante que la formulación de alternativas no solo dependan de las necesidades de desarrollo económico sino las de conservación de la naturaleza y la disminución efectos negativos en la comunidad, para esto se debe generar información suficiente relacionada con la vulnerabilidad, posibles impactos y consecuencias y allí reviste importancia la identificación de organismos que deben hacer acompañamiento y/o ejecución de estas medidas en el ámbito local.

A la hora de proponer estrategias de adaptación para el Archipiélago y posterior a la revisión de políticas, programas y proyectos anteriores y actuales realizados que apuntan al tema, la consulta exhaustiva de informes y documentos recientes relacionados con la adaptación al cambio climático, se extrajeron sugerencias sustentadas en hechos reales que ajustadas a la realidad de las islas, alimentan el listado de acciones de adaptación de esta propuesta.

Así mismo se tuvo en cuenta que para el proceso de identificación y elaboración de las medidas de adaptación, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2012), recomienda orientarlas según cinco líneas estratégicas y que se adaptan al objetivo de disminución de la vulnerabilidad por ANM para el Archipiélago.

- ✓ Reducción del riesgo por ANM: medidas que reducen en forma directa la vulnerabilidad.
- ✓ Manejo político-administrativo del tema: medidas que consideran o integran la temática del ANM a nivel de leyes, normas, ordenanzas y políticas.
- ✓ Educación, capacitación y concientización: medidas de información y capacitación y en la elaboración de medidas apropiadas de adaptación.
- ✓ Investigación en impactos y escenarios climáticos: medidas de investigación que enriquecen nuestro conocimiento del tema y proporcionan herramientas de análisis, monitoreo y predicción.
- ✓ Coordinación intersectorial e interinstitucional: medidas que fomentan una estructura de coordinación y que facilitan un enfoque participativo en la elaboración e implementación de las actividades de adaptación.

2.8.4.1. *Líneas estratégicas*

Las líneas estratégicas son orientaciones de trabajo que son coherentes con el objetivo y propósitos de un plan; estas líneas de trabajo persiguen el objetivo de "*Generar la capacidad de adaptación del archipiélago frente al ANM, con conocimientos suficientes de sus impactos y*

vulnerabilidad, generando acciones planificadas que permitan minimizar los efectos del ANM para su desarrollo ecológico, económico y social y se asegure su sustentabilidad" , y agrupan las acciones preliminares que en el futuro conformaran proyectos o actividades específicas en el Plan de Adaptación (Figura 186).

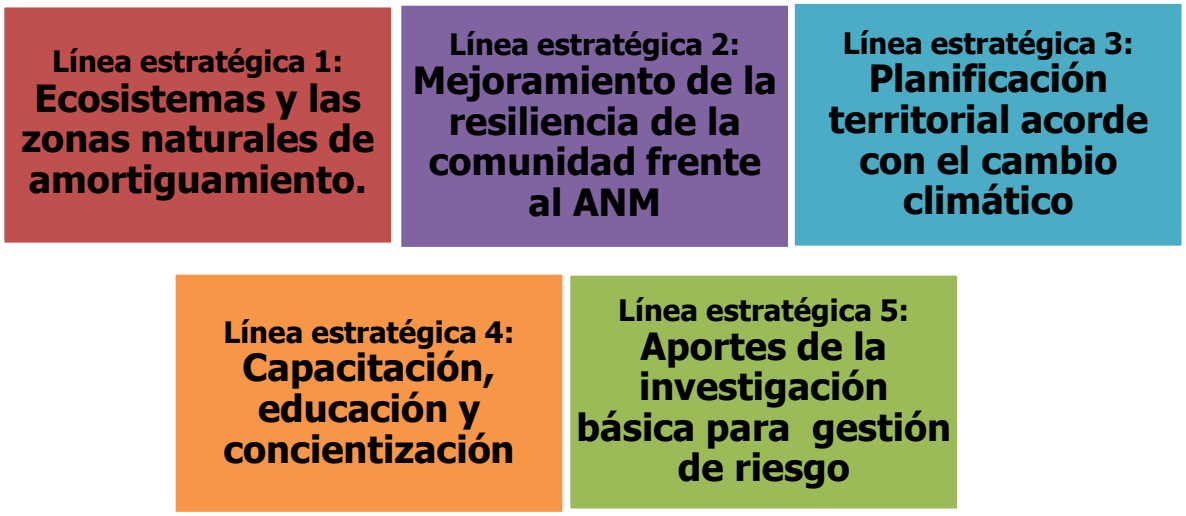


Figura 186. Líneas estratégicas de adaptación.

A continuación se listan las acciones preliminares por línea estratégica que responden a las necesidades de adaptación al ANM cambio climático para las islas:

2.8.4.2. Línea estratégica 1: Protección de los ecosistemas y las zonas naturales de amortiguamiento.

Con esta línea estratégica se busca la conservación de los ecosistemas que están identificados en el área de influencia de un eventual ANM al 2040 para las islas, allí se encuentran los manglares, playas, litoral rocoso y humedales que actualmente presentan diferentes grados de amenaza; las acciones propuestas en esta estrategia se orientan principalmente a su protección y recuperación a largo plazo, y el mejoramiento y mantenimiento de sus funciones ecológicas y productivas (Tabla 81).

Tabla 81. Programas de la línea de protección de los ecosistemas y las zonas naturales de amortiguamiento.

Programas	Acciones preliminares
Programa de conservación de ecosistemas	✓ Monitoreo de ecosistemas ✓ Ecoturismo. ✓ Investigación: apoyo a otras instituciones para actividades de monitoreo e investigación.

Programas	Acciones preliminares
	✓ Monitoreo de la calidad del agua, sedimentos, flora y fauna asociada al manglar. ✓ Incentivos tributarios de protección por conservación de zonas boscosas. ✓ Generar una estrategia de manejo entre los propietarios que tradicionalmente hábitat en las áreas de manglar, con el fin de implementar estrategias de conservación y restauración. ✓ Control y vigilancia. ✓ Asesoría a las comunidades en la formulación y ejecución de los proyectos de sistemas pilotos de manejo de aguas residuales. ✓ Repoblamiento de áreas de manglar. ✓ Involucrarse en la gestión de riesgos basado en el respeto de los ecosistema.
Programa de gestión ambiental	✓ Realizar proyectos de reforestación en el archipiélago para recuperación y expansión de zonas de manglar, como mecanismo de protección del borde costero. ✓ Promover la creación y mantenimiento de coberturas vegetales en las zonas vulnerables por los impactos del cambio climático, tales como especies de control de erosión costera y controlar las densidades de ocupación y construcción. ✓ Formular e implementar acciones de reconvención de tierras agrícolas en granjas piscícolas o cambiar los cultivos tradicionales por aquellos que sean tolerantes a la salinidad.

2.8.4.3. Línea estratégica 2: Mejoramiento de la resiliencia de la isla frente al ANM

En el Archipiélago las actividades productivas con mayor importancia son la turística, hotelera y comercial, estas actividades se desarrollan en sitios de alta vulnerabilidad, y algunas de ellas han generado impactos sobre los ecosistemas. Teniendo en cuenta esto, la línea busca el mejoramiento y construcción de infraestructura, e implementación de medidas de adaptación climática en las zonas urbanas que reduzcan la vulnerabilidad y así se tengan las condiciones óptimas para hacer frente a las consecuencias del ANM en las islas (Tabla 82).

Tabla 82. Programas de la línea de mejoramiento de la resiliencia de la comunidad frente al ANM.

Programas	Acciones preliminares
Programa de gestión de ingeniería	✓ Favorecer actuaciones conducentes a la estabilización de playas, y dunas; rehabilitación del transporte de sedimentos en zonas de erosión, etc. ✓ Introducir en el diseño de nuevas infraestructuras costeras el efecto del cambio climático en la vida útil de la obra. ✓ Re-evaluar las infraestructuras en zonas de alta vulnerabilidad.

Programas	Acciones preliminares
	✓ Fomentar la introducción del efecto del cambio climático en las Recomendaciones de Obras Marítimas y en otras recomendaciones y normas aplicables a infraestructuras en zonas altamente vulnerables. ✓ Hacer mantenimiento a espolones ubicados en esta área, para que frenen la erosión costera. Realizar la reconstrucción del espolón de la Cooperativa de Pescadores y la demolición del Espolón del Tiuna de acuerdo a la acción popular interpuesta. ✓ Rediseñar, reforzar y aumentar la altura de las actuales obras de protección costera, tales como las realizadas en el sector de San Luis y Sound Bay, con el fin que contribuyan a la protección del borde costero bajo los escenario de ANM y reduzcan los efectos erosivos generados por diseños no adecuados. ✓ Gestionar e implementar proyectos relacionados con la reubicación y elevación de la vía circunvalar. ✓ Adaptar infraestructuras de hoteles y viviendas del sector, al eventual ANM, por medio de acciones de elevación. ✓ Realizar el diagnóstico de las condiciones técnicas, legales, ambientales e institucionales que caracterizan la red de drenaje pluvial y alcantarillado sanitario que opera actualmente y diseño de las obras requeridas para mejorar la operación de esta red existente.

2.8.4.4. Línea estratégica 3: Planificación territorial acorde con el cambio climático

En el caso de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, se observa una débil incorporación del tema de cambio climático en los procesos de planificación y ordenamiento territorial, lo que ha generado un crecimiento desordenado de las áreas urbanas, en algunos sitios, hacia zonas de alto riesgo. Es por esto que esta línea pretende dar principios y directrices para la planificación y el ordenamiento territorial incorporando los aspectos relativos al riesgo (Tabla 83).

Tabla 83. Programas de la línea de planificación territorial acorde con el cambio climático

Programas	Acciones preliminares
Programa de ordenamiento territorial	✓ En zonas altamente vulnerables evitar futuros desarrollos en zonas de retroceso. ✓ Establecimiento de estrategias para la compra de terrenos con fines conservacionistas. ✓ Favorecer un planeamiento y ordenación del territorio anticipándose al cambio climático; modificación de usos; adaptación de normas de edificación en zonas vulnerables; protección de ecosistemas en peligro, etc. ✓ Elaborar un plan de acción para la gestión del riesgo (riesgos ocasionados por cambio climático y ANM). ✓ Incluir el componente de cambio climático y el efecto del ANM en el POT de la ciudad.

Programas	Acciones preliminares
	✓ Realización de planes de reubicación, demolición y retirada de estructuras afectadas en borde costero ✓ Levantamiento estructural de refugios de emergencia contra la inundación ✓ Acciones ingenieriles para la elevación de construcciones sobre pilotes.
Programa de Política Pública	✓ Aumentar la inversión en proyectos y macro proyectos encaminados a la adaptación y mitigación del riesgo por aumento ANM. ✓ Generación de políticas encaminadas a la aplicación de estrategias de adaptación ✓ Incentivar con información, divulgación, facilitación y exenciones tributarias a propietarios actuales de muebles e inmuebles en zonas de riesgo para la obtención de seguros, acción que podría mitigar las pérdidas en caso de desastres. ✓ Estudio e implementación de otras alternativas de abastecimiento de agua diferentes a las fuentes subterráneas (Desalinización, aprovechamiento de agua lluvia), para el cubrimiento de la demanda generada por la población residente y flotante. ✓ Organizar de forma gradual y progresiva retirada de la costa hacia el interior, con la puesta en marcha de políticas de relocalización de los pobladores afectados, dirigiendo las nuevas inversiones a lugares con menor riesgo
Gestión integrada costera	✓ Incorporar el cambio climático en cualquier estudio y planeamiento del litoral como un elemento más de la Gestión Integrada. ✓ Articulación del POMIUAC para las islas con las acciones formuladas para ANM en las islas.
Programa de generación de capacidades técnicas	✓ Crear un equipo técnico idóneo, para la consecución de financiación nacional e internacional, para desarrollar proyectos de gestión del riesgo por ANM y para la gestión del tema en el Departamento ✓ Capacitar al gremio de ingenieros y constructores en alternativas de construcción acordes con los impactos del cambio climático, con el fin de propiciar la reconversión de los mecanismos de construcción

2.8.4.5. Línea estratégica 4: Capacitación, educación y concientización

Se pretende vincular de manera activa a las comunidades, usuarios y etnias, en el proceso de capacitación y toma de conciencia en el tema de cambio climático y sus consecuencias para las islas, con programas educativos y de capacitación sobre la reducción del riesgo de desastres, tanto en las escuelas como en las comunidades locales.

- ✓ Impulsar programas de concienciación de gestores y técnicos en los diferentes ámbitos de las administraciones públicas.
- ✓ Fomentar la puesta en marcha de programas y estrategias de Educación Ambiental con contenidos sobre los potenciales efectos del cambio climático en la costa.

- ✓ Capacitar y educar comunidades vulnerables y en riesgo por afectación del ANM, en prevención y atención de desastres, primeros auxilios, búsqueda, salvamento, rescate y en formulación de planes comunitarios de gestión del riesgo
- ✓ Capacitar a los gremios económicos (hotelero y comerciantes) relacionados con el turismo, sobre el riesgo actual y futuro por el ANM para dar a conocer amenaza de sostenibilidad turística e implementar medidas de adaptación y mitigación.
- ✓ Educar y sensibilizar a la población de los servicios ambientales que ofrecen los ecosistemas de mangle, en relación con la contención de procesos de inundación y protección del borde costero.

2.8.4.6. Línea estratégica 5: Aportes de la investigación básica para el conocimiento de la vulnerabilidad por anm

Se busca la generación de información y la ejecución de proyectos de investigación que aporten al conocimiento sobre riesgo y vulnerabilidad por ANM para el archipiélago.

- ✓ Establecer en zonas de riesgo los criterios de evaluación técnica de las actuaciones considerando los posibles efectos del cambio climático (Estudios de detalle).
- ✓ Promover la creación de una gran base de datos centralizada e integrada en un SIG para gestión de la costa.
- ✓ Realizar calibraciones y modelaciones de forma permanente que permitan determinar la afectación del incremento del nivel del mar a fuentes hídricas subterráneas en la isla de San Andrés
- ✓ Realización de los estudios encaminados a la determinación de rondas hídricas en cauces naturales (Gullies y arroyos), con el fin de propiciar procesos de liberación de terrenos.
- ✓ Reglamentar las rondas hídricas
- ✓ Continuación de la red de monitoreo de playas con el fin de dar continuidad a la evaluación de cambios históricos en la línea de costa, posibilitar su ampliación hacia la zona sumergida.
- ✓ Realizar la zonificación de los humedales urbanos de las islas con el fin de implementar planes de recuperación y acciones de manejo asociadas a su liberación.
- ✓ Realizar estudios tendientes a determinar los índices de desertificación de los suelos, y posibles impactos por el cambio climático
- ✓ Establecimiento y levantamiento de redes hidrológicas para colectar datos como parte integral del sistema de alerta para inundaciones.
- ✓ Realizar estudios de vulnerabilidad al cambio climático y la variabilidad climática para la porción emergida del archipiélago, con especial énfasis en la identificación de impactos en ecosistemas marinos estratégicos, así como en porciones del territorio emergido en zonas remotas (cayos y bajos).

2.9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abello, A., & Giaimo, S. 2000. Cuaderno Regional No 9 San andrés: ciudad insular, Relatoría del taller: ¿Cómo es San Andrés al final del siglo XX? . *Cuaderno Regional No 9* , 1-39.

Aerts, J. and P. Droogers. 2004. Climate Change in Contrasting River Basins: Adaptation Strategies for Water, Food and Environment. Institute for Environmental Studies (IVM), Free University, Amsterdam, The Netherlands. CABI, Wallingford UK. ISBN: 9780851998350. 288 p.

Aguilera, M. 2010. Geografía económica del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Cartagena: Banco de la República. Núm. 133. 83 p.

Alcaldía de Providencia y Santa Catalina. 2000. Esquema de Ordenamiento Territorial. Documento técnico de soporte 2000. 180 p.

Alcaldía de Providencia y Santa Catalina. 2013. En: http://providencia-sanandres.gov.co/quienes_somos.shtml#mision (consulta: septiembre 10 de 2013).

Alcaldía de San Andrés. 2012. Análisis de situación de salud (ASIS). San Andrés y Providencia (SAI): Alcaldía de San Andrés y Providencia. 54 p.

Ángel, C., 1993. Estudio del Acuífero de San Andrés y Recuperación del Campo de Pozos. Informe Hidrogeología de la isla de San Andrés. INGEOMINAS. 122 p.

Armada Nacional. 2013. En: http://www.armada.mil.co/content/objetivos-y-funciones-0. (consulta: octubre 3 de 2013).

Armada Nacional. 2013. En: http://www.armada.mil.co/content/objetivos-y-funciones-0. (consulta: octubre 3 de 2013).

Asívamosensalud. 2012. *Así Vamos en Salud.* Recuperado el 02 de 01 de 2014, de Indicadores de Salud: http://www.asivamosensalud.org/media/santafe/grafica/54d7ed1245ecc0b9d560aa2380be4d1b.pdf.

Bello, A., & S. Giaimo. 2000. Cuaderno Regional No 9 San Andrés: ciudad insular, Relatoría del taller: ¿Cómo es San Andrés al final del siglo XX? Cuaderno Regional No 9: 1-39.

Cardona, O. 2007. Midiendo lo inmedible. Indicadores de Vulnerabilidad y Riesgo. Recuperado el 05 de 02 de 2014, de http://www.desenredando.org/public/articulos/2007/: LA RED de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina.

Carvajal, A. 2009. Caracterización físico- biótica del litoral del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Pp. 111-118. En: DIMAR- CIOH. 2009. Caracterización físico- biótica del litoral Caribe colombiano. Tomo I. Dirección general Marítima- Centro de Investigaciones Oceanográficas e hidrográficas. Ed. DIMAR, Serie Publicaciones Especiales CIOH Vol. 1. Cartagena de Indias, Colombia. 154 p.

CCI-Corporación Colombia internacional. 2012. Fortalecimiento sig municipales. Recuperado el 01 de 02 de 2014, de http://biblioteca.agronet.gov.co:8080/jspui/bitstream/123456789/4336/1/San%20Andres_Archipielago.pdf. 18 p.

CIOH-Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, 2007. Boletín Científico N° 25, ISSN 0120-0542, 54-60 (2007). Huracanes y Tormentas Tropicales en el Mar Caribe Colombiano desde 1900.

CIOH-Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. 2005. Boletín Científico CIOH ISSN: 0120-0542, 2005 vol. 23 fasc: n/a Pp. 33 – 45. Determinación del clima de oleaje medio y extremal en el caribe colombiano Colombia.

CIOH-Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. 2014. En: http://www.cioh.org.co/meteorologia/ResumenClimatologico.php (consultado: 30 Noviembre 2013).

CIOH-Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. 2014. En: http://www.cioh.org.co/meteorologia/ObMaritimas.php?obm=pro

Connolly, E. 2001. Evaluación socioeconómica de los usuarios de los recursos marinos Providencia y Santa Catalina islas. Providencia y Santa Catalina. 12 p.

Constitución Política de Colombia. 1991.

CORALINA-Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 1998. Plan Estratégico 1998 – 2010.

CORALINA-Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2006. Informe final "Dinámica costera de las playas en la isla de San Andrés: Análisis temporal 2000-2005". 36 p.

CORALINA-Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina - UNIVERSIDAD NACIONAL. 2010. Informe Final —Modelación del acuífero San Andrés Islas bajo escenarios de Cambio Climático y Usos del recurso, Proyecto INAP-Colombia. . 243 p. + Anexos.

CORALINA-Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 1999- 2007. Informes técnicos de sobre los monitoreos CARICOMP en pastos marinos en la isla de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. San Andrés Isla. Chambers, Gillian. 1998. Coping with the Beach Erosion. Paris: UNESCO.

CORALINA-Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2006 "Dinámica costera de las playas en la isla de San Andrés: Análisis temporal 2000-2005". Informe Final. 36 p.

CORALINA-Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina e INGEOMINAS. 1996. Estudio de las amenazas geológicas de la isla de San Andrés. 90 p.

CORALINA-Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2009. Diagnóstico preliminar de los procesos erosivos en el litoral occidental de la isla de San Andrés. 17 p.

CORALINA-Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2010. Diagnóstico preliminar de los procesos erosivos en el litoral occidental de la isla de San Andrés. Informe Técnico. 4 p.

CORALINA-Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2010. Análisis Temporal de la Información Recolectada en la Campaña de Monitoreo de Playas Según la Metodología COSALC. 12 p.

CORALINA-Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2011. Sistema de Información Geográfica, cartografía temática digital. Humedales intervenidos y zonas susceptibles de inundación" (CORALINA, 2013) y la capa "Sectores inundables" extraída del Plan de Alcantarillado Pluvial, las cuales se unieron con la herramienta "Unión" del Toolbox de ArcGIS. Pág. 42.

CORALINA-Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2012. Análisis temporal de la información recolectada en la campaña de Monitoreo de Playas según la metodología COSALC. 12 p.

CORALINA-Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 1998. Plan Estratégico 1998 – 2010. Ordenamiento ambiental para el Desarrollo Sostenible. 130 p.

CORALINA-Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2011. Plan de acción para la atención de la emergencia y la mitigación de sus efectos - PAAME - de la Reserva de la Biosfera Seaflower. San Andrés: CORALINA. 93 p. + Anexos

CORALINA-Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2012. Informe técnico del monitoreo de las Playas de las Islas de Providencia y Santa Catalina Según el Programa COSALC, período 1999-2011. 18 p.

CORALINA-Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina - INVEMAR, 2012. Gómez- López, D. I., C. Segura-Quintero, P. C. Sierra-Correa y J. Garay-Tinoco (Eds). Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower. Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andréis" -INVEMAR- y Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina -CORALINA-. Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR # 28. Santa Marta, Colombia. 180 p.

CORALINA-Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2013. http://www.coralina.gov.co/intranet/index.php?option=com_content&view=article&id=12%3Amisi&catid=14%3Aquienes-somos&Itemid=88889059&lang=es. Septiembre 9 de 2013.

CORALINA-Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2007. Acuerdo No. 024 de 2007. Por medio del cual se reserva y realindera el Parque Natural Regional "The Peak Regional Park".

Corpes – Costa Atlántica -INGEOMINAS. Ángel, C. 1993. Proyecto Estudio del Acuífero de San Andrés y Recuperación del Campo de Pozos. Informe "Hidrogeología de la Isla de San Andrés".

Cruz, J. 2006. Evaluación y seguimiento de los impactos sociales, económicos y ambientales del huracán beta en las islas de Providencia y Santa Catalina, caribe colombiano. Universidad Nacional Sede Caribe. San Andrés Islas.

Cruz, J., & Márquez, G. 2011. Valoración económica del buceo como estrategia de uso sostenible de la biodiversidad marina, Archipiélago de San Andrés y Providencia, Caribe Colombiano. Gestión y Ambiente, 14 (1), Consultado el enero 13, 2014, de http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/25425.

Cuevas, R. 2008. El sector agroalimentario como sistema. En FAO, Ingeniería de alimentos, calidad y competitividad en sistemas de la pequeña industria alimentaria con énfasis en América Latina y el Caribe (págs. 9-27). Roma, Italia: División de Comunicación de la FAO.

DANE-Departamento Nacional de Estadísticas y Banco de la República. 2012. ICER Informe de Coyuntura Económica Regional 2012 Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Bogotá: DANE - Banco de la República. 62 p.

DANE-Departamento Nacional de Estadísticas. 2005. Sistema de Consulta de Información Censal. (consulta: 1 de Octubre de 2013) Censo 2005 y Censo Básico: http://190.25.231.242/cgibin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CG2005BASICO&MAIN=WebServerMain.inl

DANE-Departamento Nacional de Estadísticas. 2009. (Consulta: 1 de Noviembre de 2013) http://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/proyecciones-de-poblacion

Desinventar, 2011. Sistema de inventario de efectos de desastres. Base de datos (consulta: octubre de 2013) http://ww.desinventar.org/

Díaz, J. M, L. M. Barrios, M. H. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López-Victoria, G. H. Ospina, F. Parra-Velandia, J. Pinzón, B. Vargas-Angel, F. A. Zapata y S. Zea. 2000. Áreas coralinas de Colombia. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 5, Santa Marta, 176 p.

Díaz, J. M., J. Garzón-Ferreira y S. Zea. 1995. 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. Colección Jorge Álvarez Lleras No. 7. Bogotá. 150 p.

DIMAR-Dirección General Marítima. 2013. En: http://www.dimar.mil.co/content/que_es_dimar (consulta: septiembre 10 de 2013).

DNP-Departamento Nacional de Planeación. 2012. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. ABC: Bases conceptuales. Marco conceptual y lineamientos.

Doyle, T., K.W. Krauss, W.H. Connerm y A.S. From. 2010. Predicting the retreat and migration of tidal forests along the northern Gulf of Mexico under sea-level rise. Forest Ecology and Management: 770 – 777.

EL TIEMPO. 2013. http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1641481.

El TIEMPO. 2013. Publicado el 12 de Febrero de 1995. http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-295546

FAC-Fuerza Aérea Colombiana. 2013. https://www.fac.mil.co/index.php?idcategoria=32767

FONADE-Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2010a. Estudios y Diseños Relacionados con la Sostenibilidad de la Playa Norte (Sprat Bight). Informe Final. Convenio Interadministrativo 2009-47. Isla de San Andrés. Universidad del Norte, IDEHA. Barranquilla, Enero de 2010. 215 p + Anexos.

FONADE-Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo y Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2010b. Estudios y Diseños de Ingeniería para la Recuperación de la Playa de Sound Bay – San Luis (K19 – K21-440) Universidad del Norte, IDEHA. Barranquilla, Marzo de 2010. 205 p + anexos.

Forbes D. and D. Liverman 1996. Geological indicators in the coastal zone. In: Berger A (ed.) Geoindicators: assessing rapid environmental changes in earth system. Rotterdam, A. Balkema: 175-192.

Gallopin, G. 2006. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. Global Environmental Change 16: 293-303. Disponible online en www.sciensedirect.com.

Garay, J.A. y L.A. Castro. 1993. Niveles de hidrocarburos del petróleo en la isla de San Andrés – Caribe Colombiano. 85-101. En: Bol. Cient. CIOH 13: Cartagena. 101 p. ISSN: 01200542

Garay, J.A., B Marín, G. Ramírez, J. Betancourt, W. Troncoso, M. Gómez, B. Cadavid, M. Vélez, D. Rozo, L. Arias y J. Vivas. 2002. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. –REDCAM-. Informe Técnico. Instituto de investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" INVEMAR. Santa Marta. 260 p.

Geister, J., & J.M. Díaz. 1997. A field guide to the oceanic barrier reef and atolls of the Southwestern Caribbean (archipelago of San Andres, Providence and Saint Cathleen, Colombia). Proceedings of 8th International Coral Reef Symposium 1: 235-262.

Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2011a. Plan de contingencia ante inundaciones, Secretaria de Salud Departamental. San Andrés Isla.

Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2011b. Plan de contingencia Sectorial - Cólera, Secretaria de Salud Departamental. San Andrés Isla.

Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2012. Plan de desarrollo 2012-2015. San Andrés Isla. 269 p.

Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2012. Plan Departamental de Gestión del Riesgo. Financiado por la Unión Europea. 134 p.

Gobernación del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2013. En: http://www.sanandres.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=120&Itemid=86 (consulta: septiembre 11 de 2013).

Gobernación del Departamento Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2013. En: http://www.sanandres.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=120&Itemid=86 . Septiembre 11 de 2013.

Google, 2004. Fotografía satelital del San Andrés. Consulta: octubre 2013, http://earth.google.com

Guzmán G., y O. Hernández. 1992. Cartografía Geológica de la Isla de San Andrés, INGEOMINAS. 50 p.

Haughton, J., & R. Shahidur. 2009. Handbook on poverty and inequality. Washington D.C. The World Bank. 419 p. http://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ClimatologiaCaribe5.php

IDEAM-Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. 2010a. Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Bogotá, D.C. 437 p.

IDEAM-Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, 2010b. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72 p.

IDEAM-Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Presentación), hallazgos de la Segunda Comunicación Nacional: Impactos, vulnerabilidad, riesgos. Curso de Capacitación para Transversalización de Riesgos Climáticos en el SNU y en las Políticas. COLOMBIANAS. http://www.pnud.org.co/img_upload/6162646162643434353537373735353 5/CAMBIOCLIMATICO/1.%20Productos%20del%20Proyecto%20de%20Transversalizaci%C3%B3n%20del%20Cambio%20Clim%C3%A1tico/1.4%20Presentacion%20completa%20IDEAM/7.%20Presentacion%20completa%20IDEAM.pdf

IDEAM-Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, 2010. Estudio Nacional del Agua, Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. Bogotá D.C. 420p. En: Velásquez C. y Tejada M., 2011. Evaluación del riesgo a la sequía en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina- Reserva de Biosfera Seaflower, caribe insular colombiano. Universidad Nacional de Colombia-Sede Caribe, Proyecto para obtención de Doctorado.

IDEAM-Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, 2013. Pronostico de Pleamares y Bajamares Costa Caribe Colombiana. 167 p.

IGAC-Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1998. Estudio Detallado de Suelos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 117 p. + Anexos

IIAvH-Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 1998. Bosque seco tropical. En: Chávez M. y N. Arango (Editores) Tomo 1 pp 56-71. Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad en Colombia. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente/ United Nations.

INS-Instituto Nacional de Salud. 2011. Respuesta al incremento de la exposición de vectores de enfermedades tropicales (malaria y dengue) inducidos por el cambio climático. En T. W. Bank, GEF, INS, IDEAM, C. Internacional, INVEMAR, y otros, *Resultados del Proyecto INAP (Donación TF 056350) Informe Final* (págs. 91-100). Bogotá: Naciones Unidas.

INVEMAR-Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2003. Programa Holandés de asistencia técnica para el estudio del cambio climático. Colombia: definición de la vulnerabilidad de los sistemas bio-geofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe continental, Caribe insular y Pacifico) y medidas para su adaptación. Programa de investigación para la gestión marina y costera – GEZ. Santa Marta. VII tomo, resumen ejecutivo y CD – Atlas digital.

INVEMAR-Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2008. Construcción de capacidades para mejorar la capacidad de adaptación al ascenso en el nivel del mar en dos áreas vulnerables de las zonas costeras de Colombia (Tumaco – Pacífico, Cartagena de Indias – Caribe). Informe Técnico del Proyecto Colombia NCAP. ETC Número del Proyecto 032135. Santa Marta. 290 p.

INVEMAR-Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2010. Perfil de vulnerabilidad y propuesta de opciones de adaptación para Santa Marta en el marco de la evaluación de la vulnerabilidad por Ascenso en el Nivel del Mar (ANM) en la zona costera del departamento del Magdalena. 243 p.

INVEMAR-Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2011. Diseño e implementación de un programa de adaptación al cambio climático en las áreas insulares del Caribe continental colombiano. Análisis de las condiciones ambientales históricas del Área Marina Protegida Corales del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte y sus implicaciones en el mantenimiento de los arrecifes coralinos. Proyecto INAP. Informe Técnico Final. Santa Marta. 47 p.

INVEMAR-Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2013. Análisis de vulnerabilidad al cambio climático del territorio insular del DT y C de Cartagena de Indias. INVEMAR- CDKN. (Compilación) Rojas, X. Santa Marta. 184 p.

INVIAS-Instituto Nacional de Vías y Gobernación de Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2008. Convenio interadministrativo Nº 365/08

IPPC-Intergoverment Panel on Climate Change. 2000. Escenarios de emisiones. Resumen para responsables de políticas. Informe especial del Grupo de trabajo III del IPCC. 20 pp. ISBN: 92-9169-413-4

IPPC-Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Impacts, Adaptation and vulnerability. Cambridge University Press. Reino Unido. En: http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/synthesis-syr/english/wg2-summary-policymakers.pdf

IPPC-Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza.: Intergovernmental Panel on Climate Change. 104 p.

Lampis, A. 2010. Pobreza y riesgo medioambiental: Un problema de Vulnerabilidad y Desarrollo. Bogotá: Centro Interdisciplinario de Estudios sobre Desarrollo: Disponible en

http://www.desenredando.org/public/varios/2010/2010-08-30_Lampis_2010_Pobreza_y_Riesgo_Medio_Ambiental_Un_Problema_de_Desarrollo.pdf

Lasso, Z. J. 2001. Componente manglares: Proyecto Control, monitoreo y seguimiento de los recursos naturales y el medio ambiente del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. San Andrés: CORALINA – Subdirección de Gestión Ambiental. San Andrés isla.

López Rodríguez, A., García, M., Sierra-Correa, PC., Hernández-Ortiz, M., Machacón, I., Lasso, J., Bent, O., Mitchel A., Segura, C Nieto, S., Espriella , J.,.2009.Ordenamiento Ambiental de los manglares del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina.115 p. + Anexos.

Lough, J. 2007. Chapter 2 Climate and Climate Change on the Great Barrier Reef. In Climate Change and the Great Barrier Reef, eds. Johnson JE and Marshall PA. Great Barrier Reef Marine Park Authority and Australian Greenhouse Office, Australia. 13 p.

Lozano-Zafra D.P., M. Marques- Vieira, G. Guzmán-Ospitia; B. Posada, J. Idárraga- García, 2011. Interpretación paleoambiental de las beachrock de la isla de San Andrés. INFORME FINAL. Programa Geociencias Marinas. INVEMAR. 58 p. + Anexos.

Machacón, G. I. 2009. Diagnóstico ambiental y estado de conservación del manglar de El Cove. Informe Técnico. CORALINA. Subdirección de Gestión Ambiental. San Andrés isla. 18 p.

Machacón, G. I. y V. L. Guerra. 2009. Diagnóstico del manglar de Salt Creek. Informe Técnico. CORALINA. Subdirección de Gestión Ambiental. San Andrés isla. 227 p.

Machacón, I. 2007. Informe de la red de monitoreo de los manglares de la isla de Providencia y Santa Catalina. (Informe Técnico. CORALINA). 15 p.

Machacón, I. 2012. Actualización del conocimiento de los ecosistemas marinos en la Reserva de Biósfera Seaflower, con énfasis en las islas de San Andrés y Providencia: Humedales pp (153- 159) en CORALINA-INVEMAR, 2012. Gómez-López, D. I., C. Segura-Quintero, P. C. Sierra-Correa y J. Garay-Tinoco (Eds). Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower. Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andréis" -INVEMAR- y Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina -CORALINA-. Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR # 28. Santa Marta, Colombia 180 p.

MADS-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2010. Plan Departamental Para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento: Departamento de San Andrés. Bogotá: Viceministerio de Agua y Saneamiento. 22 p.

Marin, B. 2002. Descripción de la escala conceptual indicativa del grado de contaminación. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de la calidad de las aguas marinas y costeras. Informe Final. Anexo 4. Programa Calidad Ambiental Marina INVEMAR. 30 p.

Meisel, A. 2003. La continentalización de la isla de San Andrés, Colombia: Panyas, raizales y turismo, 1953-2003. Cartagena de Indias. Disponible en http://www.banrep.gov.co/eser: Banco de la República.

Mendoza, C. H. 1999. Estructura y riqueza florística del bosque seco tropical en la región Caribe y el valle del río Magdalena, Colombia. Caldasia 21: 70-94.

Millán, J. A. 2005. Guía ambiental para evitar, corregir y compensar los impactos de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal. Banco Mundial, DNP, MAVDT y ACCI. Primer Edición. Bogotá. 105 p.

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. 2013. Departamento de San Andrés y Providencia. Sitio web (consulta: 17 de septiembre de 2013). MinCIT. En: www.mincit.gov.co/descargar.php?id=57435.

Ministerio de Defensa Nacional. 2010. Resolución Ministerial 2143 de 2010. Por la cual se crean y organizan los grupos internos de trabajo en la Dirección General Marítima del Ministerio de Defensa Nacional y se determinan sus funciones.

Ministerio de Hacienda y Crédito Público. 2014. En: http://www.minhacienda.gov.co/HomeMinhacienda/elministerio. Mayo 7 de 2014.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. 2014. En: http://www.minvivienda.gov.co/Ministerio/Paginas/Objetivos%20y%20Funciones.aspx. Mayo 7 de 2014.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. 2014. En: http://www.minvivienda.gov.co/Ministerio/Paginas/Objetivos%20y%20Funciones.aspx. Mayo 7 de 2014.

Ministerio del Medio Ambiente y desarrollo Sostenible. 2013. En: http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?conID=1074&catID=463. Octubre 10 de 2013.

Moreno, P. 2005. Teoría General de Sistemas. UNAD. Editorial UNAD, Bogotá. 121 p.

Murcia, G., C. Llanos, M. Taylor, J. Lasso, M.I. García, M.C. Prada, N. Bolaños, A. Abril-Howard, A.M. González, C. Sánchez, E. Taylor, O. Bent Z. y A. Pacheco, CORALINA A. Osorno y D. Gil-Agudelo, INVEMAR S. Posada. 2012. Una mirada a la biodiversidad del borde costero de la isla de San Andrés. (intervalo 88-127) en

CORALINA-INVEMAR, 2012. Gómez-López, D.I., C. Segura-Quintero, P. C. Sierra-Correa y J. Garay-Tinoco (Eds). Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower. Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andréis" -INVEMAR- y Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina -CORALINA-. Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR # 28. Santa Marta, Colombia 180 p.

Murcia, G., Llanos, C., Taylor, M., Lasso, J., García, M.I., Prada, M., Bolaños, N., Abril-Howard, A., González, A.M., Sánchez, C., Taylor, E., Bent Z, O., Pacheco, A., Osorno, A., Gil-Agudelo, D., Posada, S. 2012. Una mirada a la biodiversidad del borde costero de la isla de San Andrés. (87-127 pp) en CORALINA-INVEMAR, 2012. Gómez-López, D. I., C. Segura-Quintero, P. C. Sierra-Correa y J. Garay-Tinoco (Eds). Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower. Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andréis" -INVEMAR- y Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina -CORALINA-. Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR # 28. Santa Marta, Colombia 180 p.

Naciones Unidas. 1992. Convención marco de las naciones Unidades para el Cambio Climático. FCCC/INFORMAL/84. 26 p.

Naciones Unidas. 2002. Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático.

Naciones Unidas. 2012. Cómo desarrollar ciudades más resilientes. Un Manual para líderes de los gobiernos locales Una contribución a la Campaña Mundial 2010-2015 Desarrollando ciudades resilientes - ¡Mi ciudad se está preparando! Ginebra, marzo de 2012.

NOAA-National Oceanic and Atmospheric Administration. 2012. Posibles efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno "El Niño" en el periodo 2012-2013 en Colombia.

OCDE. 2012. Monitoring and Evaluation for Adaptation: Lessons from development co-operation agencies. N. Lamhauge, E. Lanzi, S. Agrawala. OECD Environment Working Papers, No 38.OECD Publishing.

OCEANICOS, 2013. Presentación realizada en el marco del Contrato Interadministrativo para el Fortalecimiento Institucional y Construcción De Capacidades Locales Para La Evaluación Y Articulación De Iniciativas De Implementación De Tecnologías Apropiadas De Adaptación Al Cambio Climático, y La Formulación De Proyectos Para La Gestión De Recursos Financieros). Propuesta de proyecto: Sistema de Monitoreo Oceanográfico y Atmosférico de San Andrés Isla. "SIMOASAI".

Oficina de Control de Circulación y Residencia. 2014. En: http://www.occre.gov.co. Mayo 8 de 2014

Olivo-Garrido, María de Lourdes; Sáez-Sáez, Vidal; Martín-Zazo, Alberto; Soto-Olivo, Alejandra. 2012. Vulnerabilidad al incremento del nivel del mar: estrategias de adaptación en el área Cabo Codera-Laguna de Tacarigua, estado Miranda, Venezuela Terra Nueva Etapa, vol. XXVIII, núm. 43, enero-junio, 2012, pp. 45-70.Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72125050003.Revista Terra. Vol. XXVIII, Nº 43, 2012, pp. 45-70

OMS-Organización Mundial de la Salud. 2011. Lineamientos para evaluar la vulnerabilidad de la salud frente al cambio climático en Colombia. Bogotá, D.C.: Organización Panamericana de Salud. 55 p.

Ortíz, J. C. 2007. Huracanes y Tormentas Tropicales en el Mar Caribe Colombiano desde 1900. Boletín Científico del CIOH-Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, N° 25. ISSN 0120-0542: 54-60.

Osorio, A. 2009. Agencia de Noticias UN. http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/ndetalle/article/inundaciones-cada-vez-mas-frecuentes-del-caribe-colombiano.html

Piñeros A. 2003. Diagnóstico de áreas críticas de erosión de las cuencas de la isla de San Andrés. San Andrés: CORALINA.

Plan Departamental de Gestión del Riesgo –PDGR. 2012. Fortalecimiento de Capacidades Institucionales para La Implementación de Prácticas locales De Gestión De Riesgo Como Medida De Adaptación Al Cambio Climático en La Zona Insular y Costera Del Caribe Colombiano" COL/72959 PNUD-UNGRD, Financiado por la Unión Europea. 161 p. + Anexos

PNN OPMBL. 2006. Aspectos socioeconómicos relacionados con el uso y aprovechamiento de pescadores en el PNN Old Providence Mc Bean Lagoon. Isla de Providencia y Santa Catalina: PNN. 28 p.

PNN OPMBL. 2012. Informe estadístico de ingreso de visitantes al Parque Nacional Old Providence Mc Bean Lagoon. Providencia: PNN. 1 p.

PNN-Parques Nacionales Naturales de Colombia. 2013. En: http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/organizacion/mision-vision/. Septiembre 18 de 2013.

PNUD–Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2005. Marco de políticas de adaptación al cambio climático: desarrollo de estrategias, políticas y medidas. Editado por Bo Lin y Spanger-Siegfried, E. Canadá. 253 p.

Policía Nacional de Colombia. 2014. En: http://www.policia.gov.co/portal/page/portal/INSTITUCION/Direccionamiento_estrategico. Mayo 8 de 2014.

Posada, B. O. y H. P., William. 2008. Diagnóstico de la erosión en la zona costera del Caribe Colombiano, INVEMAR, Serie publicaciones especiales. N° 13, Santa Marta. 200 p.

Posada, B.O. y W. Guzmán, 2007. Diagnóstico de la erosión costera en las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Recomendaciones generales para el manejo y control de la erosión. Investigación elaborada para CORALINA por el INVEMAR, según convenio 010/2006. 102 p.

Posada, B.O., D. Morales-G. y W. Henao. 2011. Diagnóstico de la erosión costera del territorio insular colombiano, INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 24, Santa Marta. 112 p.

Presidencia de la República de Colombia. 1989. Decreto 919 de 1989. Por el cual se organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y se dictan otras disposiciones.

Presidencia de la República de Colombia. 1999. Decreto 2478 de 1999. Por el cual se modifica la estructura del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y se dictan otras disposiciones.

Presidencia de la República de Colombia. 2011. Decreto 4147 de 2011. Por el cual se crea la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, se establece su objeto y estructura.

Presidencia de la República de Colombia. 2011. Decreto 4181 de 2011. Por el cual se escinden unas funciones del Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (Incoder) y del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, y se crea la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP).

Presidencia de la República. 2014. En: http://wsp.presidencia.gov.co/dapre/Paginas/nuestra-entidad.aspx. Febrero 10 2014.

PROACTIVA Aguas del Archipiélago S.A E.S.P. 2012. Departamento Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina. Plan De Saneamiento y Manejo de Vertimientos para la Isla de San Andrés. Diciembre 2012.

Rangel-Buitrago, N. 2012. Estudios para la prevención y mitigación de la erosión costera. Geomorfología, procesos costeros, cobertura usos del suelo. Informe Técnico Final para Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Santa Marta, D.T.C.H. 52 p.

Roatta, C. 2007. Qué hace Colombia ante el calentamiento global. En NOTIy T Universia Colombia 18 febrero 2007.

Ruiz, J., Fandiño, M. C., Chazdon, R. L. 2005. Vegetation structure, composition, and species richness across a 56-year chronosequence of dry tropical forest on Providencia Island, Colombia. Biotrópica 37: 520-530.

Samaniego, J. 2009. Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña. Publicación de las Naciones Unidas. CEPAL - Colección de documentos de proyectos. 148 p.

Sardi, E. 2007. Cambios sociodemográficos en Colombia: periodo intercensal 1993 - 2005. ib. Revista de información básica. Revista virtual disponible en http://www.dane.gov.co/revista_ib/html_r4/articulo2_r4.htm, Artículo 2.

Schuschny, A., & Soto, H. 2009. Guía metodológica. Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. Santiago de Chile: Naciones Unidas. 109 p.

SENA-Servicio Nacional de Aprendizaje. 2013. Sena Virtual. 2013. En: http://www.senavirtual.edu.co/ (consulta: 9 de octubre de 2013).

SIG-CORALINA. 2009 . Mapas de actualización de cobertura de los manglares del archipiélago de san Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review.* Cambridge University Press. 662 p.

Taylor J. E. 1994. Estructura y Fisiografía de los manglares de las islas de Old Providence y Santa Catalina. Caribe colombiano. Tesis Biología Marina. Universidad del Valle. Cali. 180 p.

The World Bank. 2013. OECD BETTER POLICIES FOR BETTER LIVES. Obtenido de http://www.oecd.org/env/cc/2502872.pdf (consulta: 21 de Septiembre de 2013).

Thomas, Y.T., A. Nicolae-Lerma y B. Posada, 2012. Atlas climatológico del mar Caribe colombiano. Convenio Especial de Cooperación Colciencias - Gobernación del Magdalena - INVEMAR. Serie de Publicaciones especiales No. 25. Santa Marta. 132 p. + CD.

Universidad Nacional Sede Caribe. 2013. En: http://www.caribe.unal.edu.co/CMS/lasede.php (consulta: 13 de septiembre de 2013).

UNODC-United Nations Office on Drugs and Crime. 2010. Apoyar al monitoreo e implementación de una estrategia integral y sostenible de reducción de cultivos ilícitos y promoción del desarrollo alternativo en Colombia - Seaflowers Keepers [SFK] - UNODC/J86 Diagnóstico rural participativo. San Andrés: Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito (UNODC). 68 p.

Vásquez, E. 1993. Estudio del acuífero de San Andrés y recuperación del Campo de Pozos. Informe "Prospección Geoeléctrica en la Isla de San Andrés" INGEOMINAS. 29 p. + Anexos

Vides, M.P., 2008. Adaptación costera al ascenso del nivel del mar. Insumos al documento Segunda Comunicación Nacional de Colombia. INVEMAR. 74 p.

Vides, M.P., P.C. Sierra-Correa y L. Cortes. 2012. Gestión costera como respuesta al ascenso del nivel del mar. Guía para administradores de la zona costera del Caribe. Serie de Documentos Generales del Invemar No. 57. Santa Marta. 76 p.

Ward, V., Santiago, L., y Cano, M. 2009. Caracterización y diagnóstico general sobre el uso y aprovechamiento que realizan pescadores en el Parque Nacional Natural Old Providence Mc Bean Lagoon Providencia y Santa

Catalina: PNN OPMBL. Aguilera, M. 2010. Geografía económica del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Cartagena: Banco de la República. 37 p.

Willie Gordon, Comandante de Bomberos, Secretaria del Interior, Departamento Archipiélago, 2012. Comunicación personal.

ANEXO 1.

Anexo fotográfico componente físico I.

ANEXO 2.

Anexo fotográfico componente físico I.

ANEXO 3

Caracterización de instituciones con injerencia en el tema de cambio climático del orden nacional, departamental y municipal.

Instituciones del Ámbito Nacional

Presidencia de la República (Actor Indispensable):

La Presidencia de la República tiene por objeto como lo expresa el Decreto 3443 de 2010. Art. 1o: "… Asistir al Presidente de la República en su calidad de Jefe de Gobierno, Jefe de Estado y Suprema Autoridad Administrativa en el ejercicio de sus atribuciones constitucionales y legales y prestarle el apoyo administrativo necesario para dicho fin.

El Departamento Administrativo de la Presidencia de la República tendrá como denominación abreviada la de "Presidencia de la República", la cual será válida para todos los efectos legales."

Tomando en consideración la situación actual de San Andrés, en cuanto a la atención que se le está brindando por parte de la Presidencia, se debe aprovechar este entorno para que este Departamento Administrativo colabore con el desarrollo de los procesos que se están adelantando tendientes a disminuir la vulnerabilidad por ascenso en el nivel del mar.

Siendo el presidente de Colombia, Jefe de Estado y Jefe de Gobierno, son muchos los aportes que este Departamento Administrativo puede ejecutar, en relación a su función de asistir al Presidente, por ello es considerado manifiestamente un actor indispensable.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Actor Indispensable):

Es un actor del orden nacional que fue reorganizado por el artículo 12 de la Ley 1444 de 2011, rector en materia de gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, que promueve acciones orientadas a regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir la política nacional ambiental y de recursos naturales renovables, y en general las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y del ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, la protección del patrimonio natural y el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano (MADS, 2013).

Este es el actor institucional nacional más relevante en el marco del ambiente, y su proceder afecta a todo el territorio nacional, además de eso, por ser tomador de decisiones y pertenecer al sector central, es uno de los actores que más se debe tomar en consideración.

Al estar encargado, como lo expresa el art. 2º de la Ley 99 de 1993, de impulsar una relación de respeto y armonía del hombre con la naturaleza, es una entidad que propende por la protección del medio ambiente y que debe actuar no sólo sobre los eventos que se presentan a diario, sino prever los escenarios que se pueden presentar a futuro, para tomar acciones preventivas. Uno de esos casos es el ANM, obviamente estando asesorado por las entidades encargadas de la investigación científica correspondiente.

La Unidad Administrativa Especial Parques Nacionales Naturales de Colombia - PNN (Actor Indispensable):

La Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales, es un organismo del sector central de la administración que forma parte de la estructura orgánica del Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, con autonomía administrativa y financiera, encargada del

manejo y administración del Sistema de Parques Nacionales Naturales y de la coordinación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas - SINAP.

Se encarga de administrar las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales y coordinar el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, en el marco del ordenamiento ambiental del territorio, con el propósito de conservar in situ la diversidad biológica y ecosistémica representativa del país, proveer y mantener bienes y servicios ambientales, proteger el patrimonio cultural y el hábitat natural donde se desarrollan las culturas tradicionales como parte del Patrimonio Nacional y aportar al Desarrollo Humano Sostenible; bajo los principios de transparencia, solidaridad, equidad, participación y respeto a la diversidad cultural (PNN, 2013).

Es una entidad de gran relevancia en el Archipiélago, puesto que en el mismo se encuentra un parque nacional denominado Parque Nacional Natural Old Providence Mc Bean Lagoon, que constituye un ecosistema estratégico para la seguridad ecológica nacional y es de interés internacional.

Por tanto dicha entidad debe prestar atención a todos los factores que afecten al parque incluyendo por supuesto el aumento del nivel del mar, para iniciar acciones tendientes a mitigar los impactos de esta perturbación y la preservación de los ecosistemas.

Departamento Nacional de Planeación – DNP (Actor Indispensable):

El Departamento Nacional de Planeación es un Departamento Administrativo que pertenece a la Rama Ejecutiva del poder público y depende directamente de la Presidencia de la República. Es una entidad eminentemente técnica que propende por una visión estratégica del país en los campos social, económico y ambiental, a través del diseño y valoración de las políticas públicas colombianas y la concreción de las mismas en planes, programas y proyectos del Gobierno (DNP, 2013).

Tiene funciones que hacen de él un actor clave, hasta el punto de ser catalogado como indispensable, funciones como: Coordinar y apoyar la planeación de corto, mediano y largo plazo de los sectores, que orienten la definición de políticas públicas y la priorización de los recursos de inversión; brindar apoyo técnico a las entidades públicas del orden nacional y territorial para el desarrollo de sus funciones en los temas de competencia del Departamento Nacional de Planeación; Promover la realización de actividades tendientes a fortalecer los procesos de planificación y gestión pública territorial que contribuyan a la articulación entre los diferentes niveles de gobierno y el desarrollo local y regional; entre otras funciones que pueden colaborar en materia de cambio climático de forma sustancial.

Procuraduría General de la Nación (Actor Importante):

Es un actor encargado de vigilar el cumplimiento de la Constitución, las leyes, las decisiones judiciales y los actos administrativos, además de vigilar la conducta oficial de las personas que desempeñan funciones públicas, al tratarse de la máxima autoridad disciplinaria de los funcionarios públicos en Colombia.

Es un actor importante, pues en el adelanto de un plan es fundamental hacer seguimiento a los servidores públicos, para valorar si su ejercicio está dándose de conformidad con la ley, la eficiencia, eficacia y la ética en el desarrollo de sus funciones.

Contraloría General de la República (Actor Importante):

De acuerdo al artículo 267 de la Carta Magna: "El control fiscal es una función pública que ejercerá la Contraloría General de la República, la cual vigila la gestión fiscal de la administración y de los particulares o entidades que manejen fondos o bienes de la Nación.".

El control fiscal es una función pública que se encarga de vigilar a gestión fiscal de la administración y de los particulares o entidades que manejen fondos o bienes del Estado, y es importante esa vigilancia en el desarrollo de cualquier proyecto, para verificar que los recursos destinados al mismo se están utilizando para lo que estaban previstos.

Defensoría del Pueblo (Actor Importante):

En la Ley 24 de 1992 por la cual se establecen la organización y funcionamiento de la Defensoría del Pueblo se expresa lo siguiente: "ARTÍCULO 1o. La Defensoría del Pueblo es un organismo que forma parte del Ministerio Público, ejerce sus funciones bajo la suprema dirección del Procurador General de la Nación y le corresponde esencialmente velar por la promoción, el ejercicio y la divulgación de los Derechos Humanos.

La Defensoría del Pueblo tiene autonomía administrativa y presupuestal.".

En el evento en el que por ANM pudieran verse afectados alguno o algunos de los derechos humanos de cualquier persona, toma importancia esta entidad que se desarrolla en al ámbito nacional y en el departamental por medio de la regional de San Andrés.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – UNGRD (Actor Indispensable):

La Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, reemplazó la Dirección de Gestión de Riesgos (DGR) en noviembre del 2011 con el Decreto 4147. Es una Unidad Administrativa Especial con personería jurídica, autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio, del nivel descentralizado, de la Rama Ejecutiva, del orden nacional, adscrita al Departamento Administrativo de la Presidencia de la República.

Es catalogada como un actor indispensable, pues tiene funciones relacionadas a la proceso de planificación y desarrollo territorial, además presenta funciones que inciden directamente en las acciones de adaptación a perturbaciones ambientales que se puedan presentar en la nación. En adición a lo anterior, el aumento del nivel del mar es en sí, un riesgo que se debe tener en cuenta al momento de la planificación, por tanto es evidente la trascendencia de dicha entidad en el tema en cuestión.

Algunas funciones de dicha entidad consignadas en el art. 4 del Decreto 4147 de 2011 son:

-Dirigir y coordinar el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (SNPAD), hacer seguimiento a su funcionamiento y efectuar propuestas para su mejora en los niveles nacional y territorial.

-Coordinar, impulsar y fortalecer capacidades para el conocimiento del riesgo, reducción del mismo y manejo de desastres, y su articulación con los procesos de desarrollo en los ámbitos nacional y territorial del SNPAD.

-Proponer y articular las políticas, estrategias, planes, programas, proyectos y procedimientos nacionales de gestión del riesgo de desastres, en el marco del SNPAD y actualizar el marco normativo y los instrumentos de gestión del SNPAD.

-Promover la articulación con otros sistemas administrativos, tales como el Sistema Nacional de Planeación, el Sistema Nacional Ambiental, el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Sistema Nacional de Bomberos, entre otros, en los temas de su competencia.

-Formular y coordinar la ejecución de un plan nacional para la gestión del riesgo de desastres, realizar el seguimiento y evaluación del mismo.

-Orientar y apoyar a las entidades nacionales y territoriales en su fortalecimiento institucional para la gestión del riesgo de desastres y asesorarlos para la inclusión de la política de gestión del riesgo de desastres en los Planes Territoriales.

-Promover y realizar los análisis, estudios e investigaciones en materia de su competencia.

Consejo Nacional Ambiental (Actor Importante.):

El Consejo Nacional Ambiental fue como versa el artículo primero del Decreto 3079 de 1997: "creado en virtud del artículo 13 de la Ley 99 de 1993, tiene como objeto asegurar la coordinación intersectorial a nivel público de las políticas, planes y programas en materia ambiental y de recursos naturales renovables".

Tiene funciones que lo hacen un actor notable en la materia que nos ocupa como: Recomendar la adopción de medidas que permitan armonizar las regulaciones y decisiones ambientales con la ejecución de proyectos de desarrollo económico y social por los distintos sectores productivos, a fin de asegurar su sostenibilidad y minimizar su impacto sobre el medio; formular las recomendaciones que considere del caso para adecuar el uso del territorio y los planes, programas y proyectos de construcción o ensanche de infraestructura pública a un apropiado y sostenible aprovechamiento del medio ambiente y del patrimonio natural de la Nación; recomendar las directrices para la coordinación de las actividades de los sectores productivos, con las entidades que integran el Sistema Nacional Ambiental (SINA).

De las anteriores funciones y de algunas otras que no se mencionan se puede colegir que este actor puede colaborar sustancialmente en cualquier plan que propenda por la adaptación, en este caso con ocasión al ANM, lo anterior al hacer recomendaciones frente a planes, programas o proyectos de infraestructura tendientes al uso sostenible del medio ambiente, sectores productivos y regulaciones y decisiones ambientales.

Vale la pena aclarar que las recomendaciones del Consejo, no son obligatorias y por lo tanto, no constituyen pronunciamientos o actos administrativos de los miembros que lo integran, como lo expresa el artículo 1º inciso 2º del Decreto 3079 de 1997.

Consejo Nacional de Política Económica y Social – CONPES (Actor Importante):

Esta corporación fue creada por la Ley 19 de 1958 y es la máxima autoridad nacional de planeación, se desempeña como organismo asesor del Gobierno en todos los aspectos relacionados con el desarrollo económico y social del país, por ello es catalogado como un actor importante en materia de ANM, pues aunque su labor no está relacionada directamente con el tema, tiene funciones que permitirían desarrollar o coadyuvar a los actores indispensables, además se debe tener en cuenta que es un actor que tiene influencia en el nivel nacional.

El CONPES coordina y orienta a los organismos encargados de la dirección económica y social en el Gobierno, a través del estudio y aprobación de documentos sobre el desarrollo de políticas generales que son presentados en sesión.

Comité nacional para el Conocimiento del Riesgo (Actor Importante):

El artículo 20 de la Ley 1523 de 2012 crea este comité, como una instancia interinstitucional del sistema nacional que asesora y planifica la implementación permanente del proceso de conocimiento del riesgo. Esta es una ley reciente, por tanto las corporaciones creadas en virtud de ella están en proceso de gestación, pero se identifica a esta entidad como un actor importante por ser un gestor interinstitucional, pues gracias a ello en este se pueden concretar muchas iniciativas, además por tener funciones de orientación y asesoría, relacionadas con la evaluación, análisis, monitoreo y seguimiento del riesgo.

Comité Nacional para la reducción del riesgo (Actor Importante):

A su vez la Ley 1523 de 2012 en su artículo 22 crea el comité que nos ocupa y lo define como una instancia interinstitucional del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, que asesora y planifica la implementación permanente del proceso de reducción del riesgo de desastres. Solamente con esta precisión se puede vislumbrar la importancia de esta corporación en materia de cambio climático, pues este constituye en sí un riesgo para la comunidad.

Comité Nacional para el Manejo de Desastres (Actor Importante):

Por otro lado la misma Ley comentada en el aparte anterior crea en el artículo 24 al presente comité, que es una instancia interinstitucional del sistema nacional que asesora y planifica la implementación permanente del proceso de manejo de desastres con las entidades del sistema nacional.

Funciones como orientar la formulación de políticas que fortalezcan el proceso de manejo de desastres; la preparación para la recuperación y propender por la articulación entre el proceso de manejo de desastres con el proceso de conocimiento del riesgo y el de reducción del riesgo, entre otras, permiten catalogar a esta entidad como un actor influyente en cuanto a ANM, pues este puede ser causa de desastres que afecten grandemente a la población del Departamento del Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" – INVEMAR (Actor Importante):

El INVEMAR como lo expresa el decreto 1276 de 1994, es una Corporación Civil sin ánimo de lucro, de carácter público pero sometida a las reglas del derecho privado, vinculada al Ministerio del Medio Ambiente con autonomía administrativa, personería jurídica y patrimonio propio.

Es un Actor Importante, pues dentro de sus funciones se encuentran entre otras: colaborar con el Ministerio del Medio Ambiente, las Corporaciones y los grandes centros urbanos, en la definición de las variables que deban ser contempladas en los estudios de impacto ambiental de los proyectos, obras o actividades que afecten el mar, las costas y sus recursos; desarrollar actividades de coordinación con los demás institutos científicos vinculados al Ministerio del Medio Ambiente y apoyar al IDEAM en el manejo de la información necesaria para el establecimiento de políticas, planes, programas y proyectos, así como de indicadores y modelos predictivos sobre el comportamiento de la naturaleza y sus procesos; y en general realizar la investigación básica y aplicada de los recursos naturales renovables, el medio ambiente y los ecosistemas costeros y oceánicos.

Además de lo anterior, el Instituto está comprometido con la temática relacionada y con el apoyo de CORALINA, propende por disminuir la vulnerabilidad por ANM en San Andrés Providencia y Santa Catalina.

Comisión Colombiana del Océano – CCO (Actor Importante):

La Comisión Colombiana del Océano (CCO) tiene como función principal proponer al Gobierno Nacional la Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros, para su Administración y Desarrollo Sostenible, convocando procesos de coordinación interinstitucional e intersectorial. Se impulsa desde la CCO el desarrollo de estrategias para la administración, el aprovechamiento económico, el beneficio social, la conservación ambiental y la vigilancia y control sobre el territorio marítimo nacional y su correspondiente zona costera.

Es un órgano intersectorial de asesoría, consulta, planificación y coordinación del Gobierno Nacional que presenta las siguientes funciones relacionadas con el cambio climático, consagradas en el Decreto número 347 del 1º de marzo del 2000:

1. Recomendar al Gobierno Nacional un Sistema para el Manejo Integral de los Espacios Oceánicos y Costeros.

2. Servir de Punto Focal Nacional Técnico ante los organismos internacionales, cuya misión sea la de propender y fomentar el desarrollo sostenible, el uso, conservación y estudio de los Espacios Oceánicos y Costeros, en coordinación con el Ministerio de Relaciones Exteriores y el Ministerio del Medio Ambiente.

3. Asesorar al Gobierno Nacional en la adopción y en el diseño y establecimiento de mecanismos de cooperación internacional relacionados con el uso, administración, estudio y conservación de los espacios oceánicos y costeros y de sus recursos y en la conformación y orientación técnica de las delegaciones oficiales que asisten a foros internacionales que tratan dichos asuntos.

4. Diseñar e implementar estrategias para articular las políticas sectoriales del uso y aprovechamiento de los espacios oceánicos y costeros y sus recursos, con la política ambiental, en coordinación con el Ministerio del Medio Ambiente.

La CCO es una entidad que es catalogada como importante y no indispensable en el presente proceso, ya que no está relacionada directamente con el ANM, pero sí puede colaborar sustancialmente en el desarrollo de estos temas, pues si bien en sus funciones no se determinan específicas acciones tendientes a mitigar aquel, se puede evidenciar que al momento de diseñar e implementar estrategias y políticas para el aprovechamiento de los espacios costeros, se debe tener en cuenta el cambio climático, lo mismo al momento de recomendar al Gobierno Nacional un sistema de manejo costero, en ese orden de ideas es un actor trascendente en los temas que nos ocupan.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM (Actor Importante):

El IDEAM según la Ley 99 de 1993 (art. 17), es un establecimiento público de carácter nacional adscrito al Ministerio del Medio Ambiente, con autonomía administrativa, personería jurídica y patrimonio independiente, encargado del levantamiento y manejo de la información científica y técnica sobre los ecosistemas que forman parte del patrimonio ambiental del país, así como de establecer las bases técnicas para clasificar y zonificar el uso del territorio nacional para los fines de la planificación y el ordenamiento del territorio.

Es un actor de orden nacional muy importante en el manejo del aumento del nivel del mar, al tener funciones como:

-Suministrar los conocimientos, los datos y la información ambiental que requieren el Ministerio del Medio Ambiente y demás entidades del Sistema Nacional Ambiental (SINA).

-Establecer las bases técnicas para clasificar y zonificar el uso del territorio nacional para los fines de la planificación y el ordenamiento ambiental del territorio.

-Obtener, almacenar, analizar, estudiar, procesar y divulgar la información básica sobre hidrología, hidrogeología, meteorología, geografía básica sobre aspectos biofísicos, geomorfología, suelos y cobertura vegetal para el manejo y aprovechamiento de los recursos biofísicos de la Nación.

-Efectuar el seguimiento de los recursos biofísicos de la Nación especialmente en lo referente a su contaminación y degradación, necesarios para la toma de decisiones de las autoridades ambientales.

-Realizar los estudios e investigaciones ambientales que permitan conocer los efectos del desarrollo socioeconómico sobre la naturaleza, sus procesos, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y proponer indicadores ambientales.

-Acopiar, almacenar, procesar, analizar y difundir datos y allegar o producir la información y los conocimientos necesarios para realizar el seguimiento de la interacción de los procesos sociales, económicos y naturales y proponer alternativas tecnológicas, sistemas y modelos de desarrollo sostenible.

-Dirigir y coordinar el Sistema de Información Ambiental y operarlo en colaboración con las entidades científicas vinculadas al Ministerio del Medio Ambiente, con las Corporaciones y demás entidades del SINA.

Todas estas funciones relacionadas con el acopio, la coordinación, el procesamiento, la dirección, la difusión, entre otras, de la información de hidrología, meteorología, geografía, etc. Están íntimamente relacionadas con el aumento del nivel del mar, por tanto esta entidad es axial en todos los temas relacionados al cambio climático, pues si bien no posee poder coercitivo, brinda las bases de información en que se deben fundamentar los tomadores de decisiones.

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe– CIOH (Actor Importante):

La creación de esta entidad se remonta al año 1975 con la resolución 238, fue creada como una dependencia de la Dirección General Marítima, con el fin de realizar investigaciones básicas y aplicadas al medio marino costero, particularmente en el Caribe colombiano.

Al ser una dependencia de DIMAR, que es la autoridad marítima en el plano nacional, debe considerarse al CIOH como un actor importante, además por presentar funciones como: estudiar y ejecutar proyectos de investigación y evaluación de fenómenos oceanográficos, hidrográficos de acuerdo a los programas de la Dirección General Marítima, suministrar servicios técnico-marinos de apoyo, datos oceanográficos e hidrográficos, análisis físicos, químicos y biológicos para la investigación y otras actividades marítimas; suministrar asesoría técnica y científica tanto a la Dirección General Marítima, así como los servicios prestados a las demás entidades públicas o privadas que lo requieran. Todas estas funciones están circunscritas al aspecto marino, por ello es considerado un actor importante, pues maneja información que puede servir de base para iniciar cualquier plan o proyecto relacionado al ANM.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (actor Indispensable):

Este Ministerio tiene como objetivo primordial lograr, en el marco de la ley y sus competencias, formular, adoptar, dirigir, coordinar y ejecutar la política pública, planes y proyectos en materia del desarrollo territorial y urbano planificado del país, la consolidación del sistema de ciudades, con patrones de uso eficiente y sostenible del suelo, teniendo en cuenta las condiciones de acceso y financiación de vivienda, y de prestación de los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2014).

En vista de lo anterior, en especial por la incidencia de este Ministerio en las políticas públicas, planes y proyectos en materia del desarrollo territorial y urbano es catalogado como un actor indispensable en materia de ANM.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Actor Indispensable):

El objetivo principal de este Ministerio, según el art. 2º del Decreto 2478 de 1999, es la formulación, coordinación y adopción de las políticas, planes, programas y proyectos del Sector Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo Rural.

Se considera un actor importante ya que presenta funciones como:

-Participar en la definición de las políticas macroeconómica y social y en la elaboración del Plan Nacional de Desarrollo, con el objeto de lograr el crecimiento económico y el bienestar social del Sector Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo Rural.

-Coordinar, promover, vigilar y evaluar la ejecución de las políticas del Gobierno Nacional relacionadas con el Sector Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo Rural.

Las anteriores funciones lo hacen importante al analizar el aumento del nivel del mar y la vulnerabilidad del sector, ya que cualquier impacto en estos, afectaría al sector agropecuario, pesquero y al bienestar social, por tanto el Ministerio debe participar en la definición de las políticas relacionadas, colaborando considerablemente de esta forma.

Ministerio de Hacienda y Crédito Público (Actor Importante):

Por su parte este ente tiene como objetivo principal: definir, formular y ejecutar la política económica del país, los planes generales, programas y proyectos relacionados con ésta, así como la preparación de las leyes, y decretos; la regulación, en materia fiscal, tributaria, aduanera, de crédito público, presupuestal, de tesorería, cooperativa, financiera, cambiaria, monetaria y crediticia (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2014).

En virtud de estas funciones ha sido catalogado como un actor importante, con gran incidencia en materia presupuestal y gestión fiscal con relación a los planes programas y proyectos relativos a la economía del país, por supuesto el componente económico es relevante en los avances de proyectos relacionados al ANM, ahí radica la importancia de este Ministerio.

Ministerio de Transporte (Actor Importante):

El Decreto 087 de 2011 por el cual se modifica la estructura del Ministerio de Transporte, y se determinan las funciones de sus dependencias, versa lo siguiente en su artículo primero: "Artículo 1°. Objetivo. El Ministerio de Transporte tiene como objetivo primordial la formulación y adopción de las políticas, planes, programas, proyectos y regulación económica en materia de transporte, tránsito e infraestructura de los modos de transporte carretero, marítimo, fluvial, férreo y aéreo y la regulación técnica en materia de transporte y tránsito de los modos carretero, marítimo, fluvial y férreo.".

Tomando lo anterior en reparo y considerando que la infraestructura de tránsito es un punto axial que se debe tener en cuenta para cualquier plan o proyecto que pretenda disminuir la vulnerabilidad por ANM, este actor es catalogado como un actor importante que tiene funciones políticas, de control y vigilancia, de ejecución y planificación.

Ministerio de Minas y Energía (Actor Importante):

El Decreto 0381 de 2012 mediante el cual se modifica la estructura del Ministerio de Minas y Energía enuncia lo siguiente: "Artículo 1. Objetivos. El Ministerio de Minas y Energía tiene como objetivo formular, adoptar, dirigir y coordinar las políticas, planes y programas del Sector de Minas y Energía.".

En virtud de lo anterior y considerando que el Sector de Minas y Energía involucra la transmisión, distribución, comercialización y uso racional de hidrocarburos y energía; así como adoptar los planes generales de expansión de generación de energía y de la red de interconexión; se cataloga a este Ministerio como un actor importante, pues al momento de desarrollar estas actividades se debe tener en cuenta las incidencias que se presentan con ocasión al ANM.

La Dirección General Marítima-DIMAR (Actor Importante):

La Dirección General Marítima, es la Autoridad Marítima Nacional que ejecuta la política del gobierno en materia marítima y tiene por objeto la dirección, coordinación y control de las actividades marítimas en los términos que señala el Decreto-Ley 2324 de 1984 y los reglamentos que se expiden para su cumplimiento, promoción y estímulo del desarrollo marítimo del país. Para ello, cuenta con una sólida estructura que contribuye al fortalecimiento del poder marítimo nacional, velando por la seguridad integral marítima. La protección de la vida humana en el mar, la promoción de las actividades marítimas y, el desarrollo científico y tecnológico de la Nación (Dimar, 2013).

No es catalogada como un actor indispensable, debido a que sus funciones no se refieren propiamente a disminuir la vulnerabilidad debido al aumento en el nivel del mar, sino más bien a la promoción de actividades marítimas y a la protección de la vida de las personas en el mar, pese a ello no deja de ser una entidad importante e influyente en todo lo relacionado al mar. Su actual estructura organizacional se encuentra establecida en el decreto 5057 de 2009 y en la Resolución Ministerial 2143 de 2010.

En la Resolución Ministerial 2143 de 2010 se crean y organizan los grupos internos de trabajo en la Dirección General Marítima del Ministerio de Defensa Nacional y se determinan sus funciones y en su artículo 2º se expresan entre otras funciones las siguientes, frente al aspecto marino (Tabla 84):

Tabla 84. Grupos Internos de Trabajo de la DIMAR.

Grupo Legal Marítimo	Grupo Asuntos Internacionales Marítimos
1. Asesorar al Director General en todos los asuntos jurídicos de su competencia. 2. Asesorar a todos los funcionarios de Subdirecciones, Grupos y Capitanías de Puerto que lo requieran en las materias de su competencia. 3. Asesorar el trámite de los recursos que se interpongan contra los actos de la Dirección y proyectar las decisiones pertinentes.	1. Asesorar en temas internacionales de carácter marítimo. 2. Evaluar y rendir informes a la Dirección, sobre la documentación marítima emanada de los organismos y conferencias internacionales. 3. Divulgar eventos, informes técnicos, estudios e investigaciones relevantes en el ámbito marítimo internacional.

Grupo Legal Marítimo	Grupo Asuntos Internacionales Marítimos
4. Conceptuar sobre los proyectos de ley, de Convenios, de Decretos y de Actos Administrativos que le sean sometidos a su estudio. 5. Conceptuar sobre la interpretación de las normas relacionadas con las funciones de la Dirección General Marítima. 6. Preparar, elaborar y presentar proyectos de codificación de las normas marítimas y de reglamentaciones técnicas para las actividades marítimas, la seguridad de la vida humana en el mar, la prevención de la contaminación marina proveniente de buques. 7. Elaborar los proyectos de las providencias dentro de las investigaciones de competencia del Director General Marítimo y adelantar el trámite de los procesos correspondientes. 8. Resolver consultas jurídicas de los usuarios externos de la Dirección General Marítima. 9. Asesorar y realizar seguimiento a los procesos que se adelantan en contra de la Nación Ministerio de Defensa Nacional - Dirección General Marítima, ante las diferentes jurisdicciones. 10. Las demás que le señalen la Ley y las disposiciones vigentes.	4. Asesorar sobre la adopción de Convenios Marítimos Internacionales no aprobados por Colombia y la aplicación de los ya aprobados, en coordinación con las demás dependencias de la Dirección General Marítima. 5. Asesorar al Director o funcionarios que participen en las reuniones de carácter internacional, y preparar las instrucciones y la documentación necesaria para apoyar la gestión de representantes de la Dirección General Marítima en reuniones de carácter internacional. 6. Realizar seguimiento al cumplimiento de los compromisos internacionales adquiridos por Colombia en materia marítima. 7. Mantener control y seguimiento sobre los trámites de instrumentos internacionales diligenciados para su aprobación ante el Ministerio de Relaciones Exteriores y el Congreso Nacional. 8. Asesorar al Director en gestionar la obtención de oportunidades de transferencia de tecnología y capacitación de personal colombiano a través de la cooperación con organismos y programas internacionales, propiciando y coordinando la participación nacional en estas actividades. 9. Las demás que le señalen la Ley y las disposiciones vigentes.

Armada Nacional de Colombia (Actor importante):

La Armada Nacional ha sido catalogada como un actor importante por tener funciones relacionadas a la protección de la población y sus recursos, además al tener en cuenta que sus funciones varían dependiendo de las necesidades del país y de las condiciones socioeconómicas tanto nacionales como internacionales, debe ocurrir que al momento de sufrir una perturbación en la región en cuestión (San Andrés, Providencia y Santa Catalina) debido a cualquier causa, por ejemplo el ANM, La Armada debe cumplir con su función al coadyuvar a la población para superar el impacto.

Como función constitucional debe contribuir a la defensa de la Nación mediante la aplicación del Poder Naval. El empleo eficaz de dicho poder deberá llevar a consolidar y garantizar la seguridad territorial, de los ciudadanos y del Estado dentro de la jurisdicción de la Armada Nacional (Armada Nacional República de Colombia, 2013).

Además de las funciones de seguridad y defensa, la Armada Nacional está llamada a participar en misiones orientadas a garantizar el empleo integral del mar por parte de la Nación. Para ello debe cumplir con actividades tanto militares como diplomáticas y de implementación de la ley y el orden.

Policía (Actor Importante):

La Policía es uno de los actores que se desenvuelve en varios ámbitos tanto en el nacional, por medio de la Policía Nacional, como en el regional y local por medio de comandos, departamentos u oficinas de policía ubicados en el archipiélago y algunos en el municipio de Providencia.

Es un actor que desempeña los roles de ejecución y, control y vigilancia. Por todo lo anterior se ha considerado un actor importante cuya acción no se circunscribe solamente al momento de la perturbación causada por el ANM, sino que es constante, al propender por que los otros actores cumplan con lo estipulado en la normatividad vigente en materia de ANM.

Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca - AUNAP (Actor de Apoyo):

La AUNAP es una Unidad Administrativa Especial creada por el Decreto 4181 del 2011, según esta norma (art. 2º), Es una entidad descentralizada de la Rama Ejecutiva, de carácter técnico, con personería jurídica, autonomía administrativa y presupuestal, con patrimonio propio, adscrita al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

A pesar de ser una entidad que está inherentemente relacionada con asuntos pesqueros, tiene incidencia, aunque distante, en aspectos de aumento en el nivel del mar y esa incidencia se da porque, si bien este en sí, se cree que no afectaría grandemente a la pesca, la causa del mismo que es el aumento de la temperatura a nivel global, sí afecta a la pesca, máxime si tenemos en cuenta que se trata de un archipiélago que es una zona insular muy susceptible al ANM, por tanto es catalogado como un actor de apoyo, al que debe acudirse en caso de evaluar la vulnerabilidad por ANM o formular una propuesta de lineamientos de adaptación en esta porción de territorio.

Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA (Actor de Apoyo):

Esta entidad es un actor de apoyo del orden nacional con personería jurídica, patrimonio propio e independiente y autonomía administrativa. Adscrito al Ministerio del Trabajo de Colombia, ofrece formación gratuita a millones de colombianos que se benefician con programas técnicos, tecnológicos y complementarios. Cuenta con un centro de formación ubicado en San Andrés y una subsede en Providencia, por medio de ellos se forma a los habitantes de la región en los sectores turismo, gente de mar y servicios, como principales actividades que desarrollan los gremios, empresas y entidades situadas en el archipiélago.

Ha sido considerado un actor de apoyo, pues tiene una plataforma virtual a la cual puede acceder cualquier persona con acceso a internet, en la que se ofrecen programas de formación virtual relacionados de alguna manera al aumento del nivel del mar, programas como:

-Gestión local de la estrategia de vivienda saludable, con el que se pretende desarrollar la habilidad de intervenir en las situaciones de riesgo de la salud pública de acuerdo con las necesidades identificadas y normatividad vigente.

-Planes de emergencia, con el que se espera reducir las causas y efectos de las urgencias, emergencias, calamidades y desastres de acuerdo con modelos humanísticos sociales y normas técnicas legales vigentes.

-Implementación de acciones educativas para el fortalecimiento de las estrategias de entornos saludables, con este programa se procura dotar al estudiante de la habilidad de intervenir en las situaciones de riesgo de la salud pública de acuerdo con las necesidades identificadas y normatividad vigente.

En virtud de lo anterior se puede evidenciar por qué ha sido catalogado como un actor de apoyo en la vulnerabilidad por aumento del nivel del mar, dado que, si bien no influyen directamente en el tema, tienen una incidencia distante en el mismo.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE (Actor de Apoyo):

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) pertenece a la rama ejecutiva del poder público, es la entidad responsable de la planeación, levantamiento, procesamiento, análisis y difusión de las estadísticas oficiales de Colombia.

Esta entidad se considera un actor de apoyo, pues mucha de la información de estadísticas que presenta, sirve para analizar diferentes componentes del ANM, por ejemplo elementos socioeconómicos y demográficos que podrían dar luces sobre pasos a seguir para intentar reducir la vulnerabilidad por efectos del mismo.

Instituciones del Ámbito Departamental:

Asamblea Departamental del Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina Islas (Actor Indispensable):

La Asamblea es definida en la Carta Magna (art 299) como una corporación político-administrativa de elección popular, que goza de autonomía administrativa y presupuesto propio, y ejerce control político sobre la administración departamental.

Es descrita como un actor indispensable al presentar funciones como: expedir las disposiciones relacionadas con la planeación, el desarrollo económico, social y ambiental, el apoyo financiero y crediticio a los municipios, el turismo, el transporte, el ambiente, las obras públicas y las vías de comunicación; adoptar de acuerdo con la Ley los planes y programas de desarrollo económico y social y los de obras públicas, con la determinación de las inversiones y medidas que se consideren necesarias para impulsar su ejecución y asegurar su cumplimiento; decretar, de conformidad con la Ley, los tributos y contribuciones necesarios para el cumplimiento de las funciones departamentales; y autorizar al Gobernador del Departamento para celebrar contratos y negociar empréstitos.

Las funciones anteriores están indiscutiblemente implicadas al momento de intentar disminuir la vulnerabilidad del departamento por efectos del aumento del nivel del mar, pues se concretan en estas la planeación, el desarrollo económico y ambiental; además, los planes y programas de desarrollo de obras públicas que serán necesarias para intentar mitigar los cambio que se den por aumento del nivel del mar. Por supuesto una importante función de esta entidad es autorizar al Gobernador del Departamento para celebrar contratos.

Gobernación del Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina Islas (Actor Indispensable):

La Gobernación del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina es una organización pública creada por la Constitución y la Ley, es un actor indispensable con poder de decisión que impacta grandemente el desarrollo del Archipiélago, con autonomía para generar, percibir y administrar recursos y que debe propender por mejorar la calidad de vida de los habitantes del departamento al impulsar el desarrollo sostenible y garantizar los derechos de los ciudadanos y promover el cumplimiento de sus deberes (Gobernación Archipiélago de SAP y SC, 2013).

Como es de esperar la Gobernación es un actor indispensable en el orden departamental pues es autoridad en su jurisdicción y participa directamente en el proceso de planificación territorial.

La Gobernación debe velar por el desarrollo sostenible del departamento, la forma de hacerlo es, basándose en la información que desarrollen las entidades encargadas de elaborar estudios científicos, para prever los eventos que se pueden desarrollar en el futuro y planear una estrategia para adaptarse a los cambios que se presentarán a mediano y largo plazo.

La Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina - CORALINA (Actor Indispensable):

CORALINA es una entidad pública con autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica. Está integrada por las entidades territoriales de su jurisdicción. Fue creada por el Artículo 37 de la Ley 99 del 22 de diciembre de 1993 para administrar el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por el desarrollo sostenible del Departamento (Coralina, 2013).

Su función principal es administrar, proteger y recuperar el medio ambiente del Departamento mediante la aplicación de tecnologías apropiadas dirigidas al conocimiento de la oferta y la demanda de los recursos naturales renovables, propendiendo por el desarrollo humano sostenible e involucrando a la comunidad para que, de manera concertada y participativa, se mejore la calidad de vida de la región.

La jurisdicción de Coralina abarca la totalidad del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, declarado como Reserva de Biosfera Seaflower por el Secretariado del Man and Biosphere Program (MaB), de UNESCO, el 10 de noviembre de 2000. Este es el único Departamento insular de Colombia y está conformado por las tres islas mencionadas, cinco atolones y varios bancos y bajos coralinos. El Archipiélago es la frontera más septentrional de Colombia y está ubicado al noroccidente de las costas colombianas y al este de las de Centroamérica. Comparte fronteras con Jamaica, Honduras, Nicaragua, Islas Cayman, Costa Rica, Haití y Panamá.

Consejo Departamental para la Gestión del Riesgo-CDGR (Actor Importante):

El CREPAD ha sido desplazado por otra entidad creada por la ley 1523 de 2012, esta corporación es el CDGR, el artículo 27 de la ley mencionada crea los Consejos departamentales, distritales y municipales de Gestión de Riesgos de Desastres como instancias de coordinación, asesoría, planeación y seguimiento relacionado al riesgo.

Teniendo en cuenta esto y que una norma posterior deroga una norma anterior de igual rango se evidencia que la Ley 1523 de 2012 deroga el artículo 60 del decreto 919 de 1989 que creó a los CREPAD.

El Consejo está presidido por el Gobernador, y debe incluir las diferentes instituciones de gobierno responsables para dar respuesta o prevenir desastres.

Esta entidad como el CMGR tiene funciones relacionadas con la gestión del riesgo que permiten catalogarla como un actor relevante que puede colaborar en el desempaño de actividades tendientes a disminuir la afectación por efectos del cambio climático.

Unidad Administrativa Especial de Control de Servicios Públicos – UAECSP (Actor Importante):

Este actor, al desenvolverse en un aspecto tan importante como lo son los servicios públicos, es considerado importante. Es una Unidad Administrativa Especial que se despliega en el ámbito

Departamental y está inmiscuida en la ejecución de los contratos inherentes a su campo de acción. Ha sido identificada como una entidad relacionada a la planificación.

Universidad Nacional sede del Instituto de Estudios Caribeños-UNAL (Actor de Apoyo):

La Universidad Nacional de Colombia, es una entidad de investigación, docencia y extensión creada por el Consejo Superior Universitario. La sede del Instituto de Estudios Caribeños (IEC), está en San Andrés, capital del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, en las instalaciones de la Universidad Nacional. El propósito del IEC es estudiar y analizar los problemas de la región del Caribe insular y continental colombiano en el marco de la cuenca del Gran Caribe, para contribuir a su desarrollo y proponer soluciones, en estrecha colaboración con la comunidad del Archipiélago (Universidad Nacional de Colombia Sede Caribe, 2013).

Es un Actor de Apoyo, dado que no influye directamente en la reducción de la vulnerabilidad por aumento del nivel del mar en el archipiélago, sin embargo, procura potenciar capacidades académicas en la Región Caribe, a través de la oferta y ejecución de programas de formación e investigación, por medio de programas efectivos que forman personas en temas que atañen a la región Caribe insular. Es incluido en los actores del orden departamental, pero realmente sus acciones son de carácter regional, circunscritas a la región Caribe.

Oficina de Control de Circulación y Residencia – OCCRE (Actor Importante):

Es un actor encargado de: "Garantizar el estándar poblacional sostenible acorde con la extensión territorial y la limitación de los recursos naturales del Departamento Archipiélago, contribuyendo una óptima calidad de vida para los habitantes y un excelente servicio a los visitantes nacionales y extranjeros, mediante la aplicación de las normas de control poblacional regidas en el Archipiélago y amparadas por la constitución nacional." (Oficina de Control, Circulación y Residencia, 2014).

Este actor, aunque ha sido incluido en el ítem de instituciones del ámbito departamental, también se desarrolla en el municipal. Es un ente importante, pues vela por el cumplimiento de las normas relacionadas al control poblacional en el Archipiélago, como el decreto 2762 de 1991, por medio del cual se adoptan medidas para controlar la densidad poblacional en el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina y el Decreto 2171 de 2001 mediante el cual se reglamenta el anterior.

Instituto Colombiano de Bienestar Familiar – ICBF (Actor de Apoyo):

Este actor se ha sido incluido en el ámbito departamental, pues en el Departamento se encuentra una de las 33 regionales que tiene el Instituto, la Regional San Andrés, pero es necesario aclarar que su sede principal se encuentra ubicada en Bogotá, es un actor que se desarrolla tanto a nivel nacional como departamental, que si bien no está íntimamente relacionado con el ANM, sí puede colaborar al desarrollo de cualquier plan, proyecto o estudio al tratar problemas como la falta de nutrición, la división del núcleo familiar, la pérdida de valores y la niñez desvalida.

Instituciones del Ámbito Municipal:

Concejo Municipal de Providencia y Santa Catalina Islas (Actor Indispensable):

Es una corporación político-administrativa elegida popularmente, que podrá ejercer control político sobre la administración municipal, como lo expresa la Constitución Política de Colombia en su artículo 312.

Es un actor indispensable en materia de aumento de nivel del mar, pues presenta funciones como: Adoptar los correspondientes planes y programas de desarrollo económico y social y de obras públicas, autorizar al alcalde para celebrar contratos y ejercer pro tempore precisas funciones de las que corresponden al Concejo, reglamentar los usos del suelo; dictar las normas necesarias para el control, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural del municipio. Estas funciones indiscutiblemente están ligadas al cambio climático sobre todo la función de defensa al patrimonio ecológico que no solo es frente a factores antrópicos, sino frente a cualquier clase de perturbación.

Cabe señalar que la Alcaldía y el Consejo deben trabajar conjuntamente si se quiere actuar eficazmente frente a la amenaza que se presenta por aumento del nivel del mar, pues falta de articulación entre estos dos actores, afectaría grandemente el desarrollo de cualquier plan o proyecto a nivel departamental.

Alcaldía de Providencia y Santa Catalina (Actor Indispensable):

Es una entidad que vela por mejorar la calidad de vida y bienestar de los habitantes del Municipio de Providencia y Santa Catalina Islas, el respeto por los derechos humanos, la generación de una cultura democrática y la importancia de la participación ciudadana en la toma de decisiones económicas, sociales, políticas y culturales, además por garantizar el conocimiento de los asuntos públicos y sus derechos políticos como objeto del desarrollo social (Alcaldía de Providencia y Santa Catalina, 2013). Por todo lo anterior es un actor indispensable, además por ser un tomador de decisiones que contribuye directamente en el proceso de planificación territorial de Providencia.

Sus funciones entre otras son:

1. Actuar como Jefe de la Administración Municipal, como representante legal del Municipio y como jefe de Policía del Municipio para garantizar la eficacia, eficiencia, publicidad, moralidad, responsabilidad, transparencia e imparcialidad de las actuaciones de la administración municipal.

2. Realizar actividades de Planeación, organización y control en el Municipio para satisfacer de las necesidades de la sociedad civil.

3. Cumplir y hacer cumplir en el Municipio la Constitución, las leyes, Decretos del Gobierno, las Ordenanzas y los Acuerdos del Concejo para responder por su aplicación.

4. Conservar el orden público del Municipio de conformidad con la ley, las instituciones, las órdenes que recibe del Presidente de la República y del respectivo Gobernador para velar por la seguridad de la comunidad.

5. Dirigir la acción de la administración del Municipio asegurando así el cumplimiento de las funciones y la prestación de servicios a su cargo.

6. Formular las políticas locales sobre la prestación del servicio de salud y administrar el sector, de conformidad con los programas nacionales y regionales para velar por su adecuado funcionamiento.

7. Presentar oportunamente al Concejo los proyectos de: Acuerdos sobre planes, programas económicos y sociales, obras públicas, presupuesto anual de rentas y gastos y los demás que estime conveniente para lograr el adecuado funcionamiento municipal.

En sentido general todas las funciones anteriores hacen de la Alcaldía de Providencia y Santa Catalina Islas, un actor muy influyente, pero vale la pena destacar las funciones de: realizar actividades de Planeación, organización y control en el Municipio y la de presentar oportunamente

los proyectos de: planes, programas económicos y sociales, obras públicas y los demás que estime conveniente para lograr el adecuado funcionamiento municipal. Pues son significativas al momento de intentar atenuar la vulnerabilidad del Municipio frente al cambio climático y en nuestro caso, frente al aumento del nivel del mar.

Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo-CMGR (Actor Importante):

Esta entidad antes denominada CLOPAD ha sido creada por la Ley 1523 de 2012 que en su artículo 27 versa: "INSTANCIAS DE COORDINACIÓN TERRITORIAL. Créanse los Consejos departamentales, distritales y municipales de Gestión del Riesgo de Desastres, como instancias de coordinación, asesoría, planeación y seguimiento, destinados a garantizar la efectividad y articulación de los procesos de conocimiento del riesgo, de reducción del riesgo y de manejo de desastres en la entidad territorial correspondiente." La norma habla de crear estas instituciones, por tanto siendo exegéticos lo que viene a efectuar esta norma el reemplazo de una entidad que ya existía el CLOPAD por otra entidad nueva, en este caso el CMGR.

Habiendo aclarado lo anterior, el CMGR es una instancia de orden municipal encargada de la coordinación, asesoría, planeación y seguimiento que ha venido a desplazar al CLOPAD.

El Consejo está presidido por el Alcalde, y debe incluir las diferentes instituciones de gobierno responsables para dar respuesta o prevenir un desastre como: La Defensa Civil, Bomberos, Policía, entre otras.

Cómo es de esperarse funciones de esta entidad con respecto al manejo de los riesgos le dan trascendencia en el tema en cuestión. Funciones como: Identificar los riesgos, evaluar su magnitud y formular las alternativas de solución; identificar los asentamientos humanos en zonas de riesgo; formular los procesos integrales de rehabilitación de zonas afectadas por la ocurrencia de fenómenos naturales o de origen antrópico; formular los proyectos tendientes a prevenir y/o mitigar los posibles efectos de los fenómenos naturales, definiendo sus compromisos y aportes para la ejecución. Con ocasión a lo anterior ha sido denominada como un actor importante.

Personería Municipal de Providencia (Actor Importante):

Las personerías según el artículo 168 de la Ley 136 de 1994 cuentan con autonomía presupuestal y administrativa; según este ejercerán las funciones del Ministerio Público que les confieren la Constitución Política y la ley, así como las que reciba por delegación de la Procuraduría General de la Nación.

Teniendo en cuenta lo anterior la personería tiene poder disciplinario pero este no se ejercerá respecto del alcalde, de los concejales y del contralor. Tal competencia corresponde a la Procuraduría General de la Nación, la cual discrecionalmente, puede delegarla en los personeros.

Se considera que en el orden municipal, es importante tener en cuenta esta entidad, pues tiene funciones que propenden por la transparencia de las actuaciones de los funcionarios en ese ámbito (municipal).

Juntas de Acción Comunal (Actor Importante):

La Ley 743 de 2002 por la cual se desarrolla lo referente a los organismos de acción comunal versa lo siguiente en su Artículo 6: "Para efectos de esta ley, acción comunal, es una expresión social organizada, autónoma y solidaria de la sociedad civil, cuyo propósito es promover un desarrollo integral, sostenible y sustentable construido a partir del ejercicio de la democracia participativa en la gestión del desarrollo de la comunidad.", a su vez el art 8 en su literal (a) primer

inciso, dice: "Son organismos de acción comunal de primer grado las juntas de acción comunal y las juntas de vivienda comunitaria. La junta de acción comunal es una organización cívica, social y comunitaria de gestión social, sin ánimo de lucro, de naturaleza solidaria, con personería jurídica y patrimonio propio, integrada voluntariamente por los residentes de un lugar que aúnan esfuerzos y recursos para procurar un desarrollo integral, sostenible y sustentable con fundamento en el ejercicio de la democracia participativa.".

Este organismo al propender por un desarrollo integral, sostenible y sustentable del lugar en el que sea integrada, es tomado como un actor importante con gran influencia social que se desarrolla en al ámbito municipal.

3. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

Geodatabase y metadato (cartografía) (carpeta en digital).

Mapas temáticos escala 1: 14.500 (formato .pdf y .mxd en digital):

N° 1. Mapa de Geomorfología y Amenazas San Andrés

N° 2. Mapa de Cobertura San Andrés

N° 3. Mapa de Usos del suelo San Andrés

N° 4. Mapa de Vulnerabilidad actual Cobertura San Andrés

N° 5. Mapa de Vulnerabilidad actual Usos de suelo San Andrés

N° 6. Mapa de Vulnerabilidad actual Socioeconómico San Andrés

N° 7. Mapa de Geomorfología y Amenazas escenario futuro San Andrés

N° 8. Mapa de Vulnerabilidad Cobertura escenario futuro San Andrés

N° 9. Mapa de Vulnerabilidad Usos del suelo escenario futuro San Andrés

N° 10. Mapa de Vulnerabilidad socioeconómico escenario futuro optimista San Andrés

N° 11. Mapa de Vulnerabilidad Socioeconómico escenario futuro pesimista San Andrés

N° 12. Mapa de Geomorfología y Amenazas Providencia y Santa Catalina

N° 13. Mapa de Cobertura Providencia y Santa Catalina

N° 14. Mapa de Usos del suelo Providencia y Santa Catalina

N° 15. Mapa de Vulnerabilidad actual Cobertura Providencia y Santa Catalina

N° 16. Mapa de Vulnerabilidad actual Usos de suelo Providencia y Santa Catalina

N° 17. Mapa de Vulnerabilidad actual Socioeconómico Providencia y Santa Catalina

N° 18. Mapa de Geomorfología y Amenazas escenario futuro Providencia y Santa Catalina

N° 19. Mapa de Vulnerabilidad Cobertura escenario futuro Providencia y Santa Catalina

N° 20. Mapa de Vulnerabilidad Usos del suelo escenario futuro Providencia y Santa Catalina

N° 21. Mapa de Vulnerabilidad socioeconómico escenario futuro optimista Providencia y Santa Catalina

N° 22. Mapa de Vulnerabilidad Socioeconómico escenario futuro pesimista Providencia y Santa Catalina

4. REGISTRO DE TALLERES

Memorias de talleres realizados durante el proyecto (carpeta en digital).

- Taller socialización y validación escenario actual, 4 y 5 de marzo
- Presentación resultados a Coralina, 8 abril de 2014
- Taller final de socialización, 21 y 22 de abril.