



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Efectos ambientales del ascenso del nivel medio del mar. Caso: Isla Múcura**

**Karem Natali Acero Pinzón**

Universidad Nacional de Colombia  
Instituto de Estudios Ambientales - IDEA  
Bogotá, Colombia

2019



# **Efectos ambientales del ascenso del nivel medio del mar. Caso: Isla Múcura**

**Karem Natali Acero Pinzón**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

**Magister en Medio Ambiente y Desarrollo**

Director:

José Javier Toro Calderón

Codirector (a):

Juan Manuel Díaz Merlano

Línea de Investigación:

Estudios de Impacto Ambiental

Grupo de Investigación:

IDEA

Universidad Nacional de Colombia  
Instituto de Estudios Ambientales-IDEA  
Bogotá, Colombia

2019



*Estallan los jardines de la pólvora  
en el cielo oscurísimo y su aplomo.*

*Estruendo frente al mar que se encarniza  
desde la eternidad contra las rocas.*

*A cada instante otro Big Bang.  
Nacen astros, cometas, aerolitos.*

*Todo es ala y fugacidad  
en la galaxia de esta lumbre.*

*Mundos de luz que viven un instante.  
Luego se funden y se vuelven nada.*

*Como esta noche en que hemos visto arder  
cuerpos fugaces sobre el mar eterno.*

*José Emilio Pacheco – Lumbre en el aire*



## Agradecimientos

A mis queridos seres que siempre están ahí (JD), a mi padre y a mi tía porque su energía siempre me acompaña en este proceso.

A mi madre, la increíble mujer luchadora que apoya cada una de mis locuras y recorridos, gracias por acompañarme sin descanso en este camino, porque ella es la inspiración diaria. Y a mi hermano, los dos pilares de mi vida.

A mi abuela, porque su fuerza es la mía también.

A las personas involucradas en este largo proceso, al profesor Javier por sus aprendizajes que van más allá de la academia, al profesor Juan Manuel por sus enseñanzas en 7 años de caminos, al profesor Daniel Pabón por sus aportes iniciales y a cada persona que desde su conocimiento aportó un granito de arena a este proceso.

Al Observatorio de Conflictos Ambientales (OCA) en cabeza de la profesora Rosario Rojas, por abrirme las puertas y enseñarme la trascendencia de procesos que, como este, nos impregnan la vida.

A los que siguen, aunque pase el tiempo Isis, Jonathan, Anita, Mari y Elmo (Ximena).

A los tesoros de seres humanos que me regaló la Maestría, Ancaro, Ingridcilla, Caro, Compi (Sonia) y a Lore, por los cafés, las fiestas, los gustos y los disgustos, por los consejos y la paciencia, porque cada día compartido vale oro.

A la "guandoca" y el poder detrás del poder Vane, Primi (Laura), Lesly y Angela, gracias por los viajes, las experiencias, los regaños, las fiestas, los momentos, las alegrías y tristezas, por cada momento que nos moldeó en este tiempo. Gracias por cada paso.

Gracias infinitas a toda la comunidad de Puerto Caracol, gracias y mil gracias, porque siempre me hicieron sentir como en casa, en especial a Nono, a Lourdes y a Mari, que logró enseñarme que el fin del afán existe y es este rincón del mar, por las clases de cocina y de champeta casi diarias, y al grupo ecológico de los meros sabios por compartirme sus conocimientos.

Al mar, por ser terapia diaria de reflexiones, por permitirme acercarme de formas diferentes a conocerlo.

Al Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB) por las ayudas logísticas, los aprendizajes y los permisos otorgados.

A los funcionarios de la Agencia Nacional de Tierras, Aseo Urbano, Cardique, Dimar, CIOH, a la Alcaldía Local 1 y al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, a Martha Eddy Arteaga, fundamental durante el proceso.

Al Instituto de Estudios Ambientales y al Programa de Medio Ambiente y Desarrollo por convertirse en mi casa.



## Resumen

El ascenso del nivel medio del mar es un fenómeno natural que es acelerado como consecuencia del calentamiento global causado principalmente por acciones antrópicas. Entre los efectos generados sobre los servicios ecosistémicos (SE), están la pérdida de playas, la salinización de acuíferos y suelos para la agricultura, la pérdida de hábitat para especies, la erosión costera y la agudización de eventos extremos como las marejadas y las mareas ciclónicas. Al respecto se analizaron los efectos ambientales generados por el aumento del nivel medio del mar en Isla Múcura, archipiélago de San Bernardo, ubicado al noroccidente del país. Para el desarrollo de la investigación, se identificaron los servicios ecosistémicos locales (SEL) y a través de la percepción de la comunidad, se evidenciaron los efectos generados por el aumento progresivo del nivel medio del mar y cuales podrían ser los ecosistemas afectados. Los ecosistemas identificados fueron los manglares, los arrecifes de coral, las playas y las lagunas costeras, que proveen a la comunidad bienes ambientales como alimentos y madera que permiten el desarrollo de actividades económicas como la pesca y el turismo, y son las aulas ambientales de algunos procesos de educación ambiental. Sin embargo, los tres principales actores de la Isla, la comunidad, los complejos turísticos y los turistas, están degradando los ecosistemas, consiguiendo que las afectaciones calculadas para escenarios futuros estén ocurriendo actualmente, pérdida de playas, terrenos sumergidos y la división de Islas por la intrusión de aguas saladas.

**Palabras clave:** Aumento del nivel medio del mar, servicios ecosistémicos locales, percepción, efectos ambientales.

## Abstract

The rise of the mean sea level is a natural phenomenon that is accelerated because of global warming caused mainly by anthropic actions. Among the effects generated on ecosystem services (SE), are the loss of beaches, the salinization of aquifers and soils for agriculture, the loss of habitat for species, coastal erosion and the exacerbation of extreme events such as tidal waves and tides cyclonic. In this regard, the environmental effects generated by the increase in the mean sea level in Isla Múcura, archipelago of San Bernardo, located northwest of the country, were analyzed. For the development of the research, the local ecosystem services (SEL) were identified and through the perception of the community, the effects generated by the progressive increase of the mean sea level and which could be the ecosystems affected in future scenarios were evidenced. promotions of 50cm and 1m. As a result, the ecosystems identified were mangroves, coral reefs, beaches and coastal lagoons, which provide the community with environmental goods such as food, timber, allow the development of economic activities such as fishing and tourism, and are the environmental classrooms of some environmental education processes. However, the weak institutional presence, in addition to the unequal power relations between the 3 main actors of the Island, the community, the tourist complexes and the tourists, are degrading the ecosystems, achieving with this that the effects calculated for future scenarios are happening now, loss of beaches, submerged lands and the division of Islands by the intrusion of saline waters.

**Keywords: Increase in the mean sea level, local ecosystem services, perception, environmental effects.**

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>IX</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>XIII</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>XV</b>
<b>Lista de abreviaturas</b> .....	<b>XVII</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Ascenso del nivel medio del mar</b> .....	<b>5</b>
1.1 Ascenso del nivel del mar en América.....	12
1.1.1 Ascenso en las costas y áreas insulares colombianas.....	17
1.1.2 Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias y su zona insular.....	25
<b>2. Servicios Ecosistémicos</b> .....	<b>32</b>
2.1 Que son los servicios ecosistémicos desde diferentes enfoques.....	32
2.2 Clasificación de los servicios ecosistémicos.....	36
2.3 Servicios ecosistémicos para Colombia .....	37
2.3.1 Motores de transformación y pérdida de servicios ecosistémicos a nivel nacional.....	40
<b>3. La comunidad y los servicios ecosistémicos locales</b> .....	<b>43</b>
3.1 Archipiélago de San Bernardo en el Caribe Insular Colombiano .....	43
3.1.1 Características físicas del Archipiélago.....	45
3.1.2 Historia de las figuras jurídicas del Archipiélago .....	62
3.2 Isla Múcura y los pasos de su ocupación .....	65
3.3 Metodología .....	71
3.3.1 Cartografía Social y la Información Geográfica Voluntaria (IGV).....	73
3.3.2 Fotogrametría, el uso de drones y el modelo digital de terreno.....	77
3.4 Servicios Ecosistémicos Locales.....	80
3.4.1 Ecosistemas característicos de Isla Múcura .....	82
3.4.2 Cartografía Social y los Servicios Ecosistémicos Locales.....	91
3.5 Percepción del fenómeno de ascenso del nivel medio del mar y su relación con los S.E.L. ....	115
<b>4. Efectos ambientales potenciales</b> .....	<b>124</b>
4.1 Efectos ambientales del ascenso del nivel medio del mar en los territorios caribeños insulares.....	125

4.1.1	Efectos de la erosión, la inundación y la intrusión salina por ANM sobre los ecosistemas y sus servicios ecosistémicos.....	132
4.2	Efectos ambientales visuales en Isla Múcura.....	141
4.3	Percepción de los problemas ambientales.....	150
4.3.1	Definición de problemáticas trabajadas con la Matriz de Vester.....	152
4.3.2	Representación gráfica de la Matriz de Vester.....	154
<b>5.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>161</b>
5.1	Conclusiones.....	161
5.2	Recomendaciones.....	166
<b>A.</b>	<b>Anexo: Informe sobre el procesamiento de fotografías con dron programa Pix4D Mapper.....</b>	<b>169</b>
<b>B.</b>	<b>Anexo: Encuestas aplicadas.....</b>	<b>171</b>
<b>C.</b>	<b>Anexo: Arrecifes del archipiélago para el 2012.....</b>	<b>173</b>
<b>D.</b>	<b>Anexo: Jornada de liberación de tortugas.....</b>	<b>175</b>
<b>E.</b>	<b>Anexo: Erosión en Isla Múcura.....</b>	<b>177</b>
<b>F.</b>	<b>Anexo: Islas divididas actualmente.....</b>	<b>179</b>
<b>G.</b>	<b>Anexo: Día mundial de observación de aves.....</b>	<b>181</b>
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>185</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1-1: Esquema de cambios en el nivel del mar .....	7
Figura 1-2: Escenarios de aumento del nivel medio del mar por trayectorias de concentración representativas (RCP). .....	9
Figura 1-3: Población total que podría estar sumergida por el aumento del nivel del mar a largo plazo en escenarios de 4°C y 2°C. ....	11
Figura 1-4: Desplazamientos por desastres y conflicto armado a nivel global. ....	14
Figura 1-5: Desplazamiento de línea de costa por aumento del nivel del mar .....	20
Figura 1-6: Cartagena Insular.....	27
Figura 1-7: Archipiélago de San Bernardo.....	30
Figura 2-1: Los servicios ecosistémicos en la PNGIBSE. ....	35
Figura 2-2: Colombia y la biodiversidad en el mundo. ....	39
Figura 3-1: Valores objeto de conservación en el PNNCRSB.....	46
Figura 3-2: Arrecifes de coral en el archipiélago de San Bernardo .....	48
Figura 3-3: Fondos blandos en el archipiélago de San Bernardo. ....	49
Figura 3-4: Playas en el archipiélago de San Bernardo.....	51
Figura 3-5: Praderas de pastos marinos en el archipiélago de San Bernardo. ....	54
Figura 3-6: Complejos de islas interconectadas por pastos marinos en el archipiélago de San Bernardo. ....	55
Figura 3-7: Mapa de las lagunas costeras del archipiélago de San Bernardo.....	58
Figura 3-8: Bosque de manglar en el archipiélago de San Bernardo. ....	60
Figura 3-9: Bosque seco tropical en Tintipán.....	62
Figura 3-10: Mapa del área marina protegida (morado) y el PNNCRSB (verde).....	64
Figura 3-11: Migraciones al archipiélago de San Bernardo.....	66
Figura 3-12: División territorial en Isla Múcura.....	68
Figura 3-13: Número de visitantes a las áreas protegidas del país durante el 2018. ....	70
Figura 3-14: Información Geográfica Voluntaria con Wikiloc.....	77
Figura 3-15: Divisiones de la fotogrametría .....	78
Figura 3-16: Ambientes identificados por la comunidad.....	81
Figura 3-17: Manglares en Isla Múcura. ....	83
Figura 3-18: Arrecifes de coral que rodean Isla Múcura. ....	84
Figura 3-19: Blanqueamiento y enfermedad de los corales en las Islas de San Bernardo. ....	84
Figura 3-20: Playas en Isla Múcura. ....	87
Figura 3-21: Lagunas costeras e interiores en Isla Múcura .....	88

Figura 3-22: Praderas de pastos marinos complejo Tintipán-Islote-Múcura y Maravilla ..	89
Figura 3-23: Identificación de servicios ecosistémicos y percepción de pérdida por ascenso del nivel medio del mar. Grupo1. ....	92
Figura 3-24: Identificación de servicios ecosistémicos y percepción de pérdida por ascenso del nivel medio del mar. Grupo 2. ....	93
Figura 3-25: Identificación de servicios ecosistémicos y percepción de pérdida por ascenso del nivel medio del mar. Grupo 3. ....	94
Figura 3-26: Identificación de servicios ecosistémicos y percepción de pérdida por ascenso del nivel medio del mar. Grupo 4. ....	95
Figura 3-27: Laguna costera Sal si puedes en Tintipán.....	109
Figura 3-28: Servicios regulares, de provisión y culturales en Isla Múcura para ecosistemas identificados. ....	113
Figura 3-29: Servicios ecosistémicos identificados por ecosistema.....	114
Figura 3-30: Servicios ecosistémicos locales en ecosistemas no identificados. ....	114
Figura 3-31: Servicios ecosistémicos locales. ....	115
Figura 3-32: Cartografía participativa realizada por mujeres .....	116
Figura 3-33: Participantes de la Cartografía con mensajes para la Isla.....	117
Figura 3-34: Cartografía participativa realizada por hombres .....	118
Figura 3-35: Participantes de la cartografía con mensajes para la Isla.....	119
Figura 3-36: Cartografía participativa de funcionarios de PNNCRSB .....	120
Figura 3-37: funcionario de PNNCRSB analizando posibles escenarios de ascenso del nivel medio del mar.....	121
Figura 3-38: Fotografía aérea de Isla Maravilla sumergida .....	122
Figura 3-39: Fotografías comparativas antes y después en Isla Maravilla.....	123
Figura 4-1: Percepción de la comunidad sobre aumento estacional del nivel del mar... ..	126
Figura 4-2: Fotografías comparativas del antes y el ahora de "Isla" Maravilla. ....	129
Figura 4-3: Efectos de erosión, intrusión salina e inundación en Isla Múcura.....	130
Figura 4-4: Isla Ceycén dividida en dos por la ruptura de laguna. ....	131
Figura 4-5: Cambios en el recorrido por intrusión del mar .....	141
Figura 4-6: Terrenos ganados al mar. ....	143
Figura 4-7: Primeras obras rompeolas Dahlandia .....	144
Figura 4-8: El peñón, extremo de la Isla inundado .....	146
Figura 4-9: Higuera punto más alto de la Isla .....	147
Figura 4-10: Playa pública antigua cancha de fútbol .....	147
Figura 4-11: Antigua playa de anidación de tortugas .....	148
Figura 4-12: Imagen satelital sin el Hostal Isla Múcura .....	149
Figura 4-13: Representación de la Matriz de Vester en el plano cartesiano .....	155
Figura 4-14: Árbol de problemas con problemáticas priorizadas .....	157

## Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1: Categorías y causas de desplazamiento de los refugiados .....	16
Tabla 1-2: Tasas de ascenso de nivel del mar (mm/año) .....	20
Tabla 1-3: Medidas propuestas para los 20 puntos seleccionados en el Plan Maestro de Erosión Costera.....	23
Tabla 1-4: Localidades político-administrativas del distrito de Cartagena de Indias.....	26
Tabla 1-5: Extensión de las 10 islas que conforman el Archipiélago de San Bernardo... ..	28
Tabla 1-6: (Continuación) .....	29
Tabla 2-1: Diferentes enfoques de los servicios ecosistémicos. ....	33
Tabla 2-2: Servicios ecosistémicos a partir de la VIBSE.....	36
Tabla 2-3: Servicios ecosistémicos en Colombia y algunos modos de vida asociados ...	37
Tabla 3-1: Arrecifes de coral-comunidades coralinas del Caribe Colombiano .....	47
Tabla 3-2: Playas de anidación de tortugas carey. ....	52
Tabla 3-3: Metodología, actividades y objetivos. ....	71
Tabla 3-4: (Continuación). ....	72
Tabla 3-5: Tipos de espacio a partir de Lefebvre citado por (Baringo, 2013). ....	75
Tabla 3-6: Comparación de tipologías de servicios ecosistémicos .....	80
Tabla 3-7: Cambios en los S.E. de los corales por efectos en el ecosistema .....	85
Tabla 3-8: Playas en las Islas de San Bernardo disponibles para anidación de tortuga Carey. ....	86
Tabla 3-9: Servicios ecosistémicos locales y percepción de pérdida por ascenso del nivel medio del mar para los manglares.....	97
Tabla 3-10: Servicios ecosistémicos del manglar vs servicios locales identificados. ....	98
Tabla 3-11: Servicios ecosistémicos locales y percepción de pérdida por ascenso del nivel medio del mar para los arrecifes de coral.....	100
Tabla 3-12: Servicios ecosistémicos de los arrecifes de coral vs servicios locales identificados. ....	101
Tabla 3-13: Especies de coral y fauna asociada en el archipiélago. ....	103
Tabla 3-14: Servicios ecosistémicos locales y percepción de pérdida por ascenso del nivel medio del mar para las playas.....	104
Tabla 3-15: Servicios ecosistémicos de las playas vs servicios locales identificados ....	105
Tabla 3-16: Fauna asociada a las playas e identificadas por la comunidad.....	106
Tabla 3-17: Servicios ecosistémicos locales y percepción de pérdida por ascenso del nivel medio del mar para las lagunas. ....	108

Tabla 3-18: Servicios ecosistémicos de las lagunas vs servicios locales identificados..	108
Tabla 3-19: Servicios ecosistémicos locales de los pastos marinos. ....	110
Tabla 3-20: Servicios ecosistémicos del Bosque Seco Tropical. ....	112
Tabla 3-21: Servicios ecosistémicos del litoral rocoso.....	113
Tabla 4-1: Erosión costera asociada a las geoformas en los archipiélagos.....	126
Tabla 4-2: Influencia del nivel del mar sobre los Servicios Ecosistémicos de las praderas de pastos marinos.....	133
Tabla 4-3: Influencia del nivel del mar sobre los Servicios Ecosistémicos de las playas. ....	134
Tabla 4-4: Influencia del nivel del mar sobre los Servicios Ecosistémicos de los manglares. ....	136
Tabla 4-5: Influencia del nivel del mar sobre los Servicios Ecosistémicos de las lagunas costeras e interiores.....	139
Tabla 4-6: Matriz de Vester relacionando los problemas de la Isla identificados por la JAC .....	151
Tabla 4-7: Clasificación de problemáticas de acuerdo con la ubicación en el plano cartesiano .....	156



# Lista de abreviaturas

Abreviatura	Término
<b>ANMM</b>	Aumento del nivel medio del mar
<b>ANM</b>	Aumento del nivel del mar
<b>ANT</b>	Agencia Nacional de Tierras
<b>Cardique</b>	Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique
<b>EEM</b>	Evaluación de Ecosistemas del Milenio
<b>EEM-UK</b>	Evaluación de Ecosistemas del Milenio para el Reino Unido
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
<b>FUSDEM</b>	Fundación Sueños de Mar
<b>INVEMAR</b>	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés".
<b>IPCC</b>	Intergovernmental Panel on Climate Change
<b>JAC</b>	Junta de Acción Comunal
<b>OXFAM</b>	Oxford Committee for Famine Relief
<b>PNGIBSE</b>	Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos
<b>PNN</b>	Parques Nacionales Naturales
<b>PNNCRSB</b>	Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo
<b>PNUMA</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
<b>SE</b>	Servicios Ecosistémicos
<b>SEL</b>	Servicios Ecosistémicos Locales
<b>VIBSE</b>	Valoración Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos



# Introducción

Los procesos actuales de calentamiento global y cambio climático han sido acelerados por actividades antrópicas, las consecuencias se relacionan con los cambios de temperatura, la fusión de los glaciares y la disminución de la criosfera (hielo glaciar), lo que ocasiona como efecto mayor el ascenso del nivel medio del mar. Este incremento ha sido ampliamente estudiado a nivel mundial, porque las grandes urbes y centros de desarrollo económico, se encuentran ubicadas en zonas insulares y costeras, que serán las primeras afectadas (Pabón, 2003a).

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) afirma, a través de estudios a nivel global y con la información proveniente de diferentes mareógrafos y alturas de satélite, que el ascenso del nivel del mar en los últimos 100 años ha sido entre 10 a 25 centímetros, realizando proyecciones se espera que hacia el 2100, el aumento sea entre 20 y 86 centímetros, dependiendo de diversos factores a nivel regional y local en diferentes zonas del mundo (IPCC, 2013b). En el informe del IPCC para el año 2013, que analizó el periodo de tiempo desde 1993 hasta el 2010, encontró una tasa acumulada donde se sumaron diferentes factores (expansión térmica del océano debida al calentamiento de 1,1 [0,8 a 1,4] mm/año, y de los cambios en los glaciares 0,76 [0,39 a 1,13] mm/año, el manto de hielo de Groenlandia 0,33 [0,25 a 0,41] mm/año, el manto de hielo de la Antártida 0,27 [0,16 a 0,38] mm/año y el almacenamiento terrestre de agua 0,38 [0,26 a 0,49] mm/año), estableciendo una tasa de ascenso de 2,8 mm/año a nivel global (IPCC, 2013b).

Pabón (2003) afirma que las consecuencias del aumento del nivel medio del mar, recaerán sobre los habitantes y los sistemas ubicados en las zonas costeras y en las islas, generaría daños progresivos sobre ecosistemas como los manglares, que perderían la capacidad de barrera protectora ante inundaciones y tormentas, en cuanto a la agricultura, se pueden presentar cambios en la vegetación por la salinización de los suelos, aumentaría la erosión de las costas y playas, y podría presentarse la salinización de los sistemas de agua dulce.

Frente a estos escenarios, actualmente ya se conocen los primeros cambios y refugiados climáticos, por fenómenos extremos como huracanes, ciclones y/o algunos fenómenos lentos y progresivos como el ascenso del nivel medio del mar (Vega, 2011) <sup>1</sup>.

Con relación al aumento del mar, los llamados SIDS (Pequeños Estados Insulares en Desarrollo) como Kiribati, las Islas Marshall, las Maldivas, Tokelau y Tuvalu, ubicados en atolones sobre el pacífico que no superan los 5 msnm, podrían desaparecer como Estados, perdiendo por completo sus territorios (Kumano, 2016), situación que ha generado que Tuvalu como nación, empiece a redefinir las nociones de refugiado o desplazado para sus habitantes (Jorge, 2009).

En Colombia las zonas de mayor afectación por el aumento del nivel del mar corresponden a la costa Pacífica, la costa Caribe y las áreas insulares como Malpelo, Gorgona, San Andrés y Providencia y los archipiélagos de San Bernardo y las Islas del Rosario. Así lo propone un estudio sobre el aumento del nivel del mar en las costas y áreas insulares de Colombia. El estudio encontró que para las ciudades de Buenaventura y Tumaco, en un período de 30 años de 1961 a 1990, el aumento del nivel del mar fue de 16 cm para Buenaventura y 10 cm para Tumaco, además logro establecer una tasa de ascenso del nivel del mar de 2mm/año para el Caribe (Pabón, 2003a).

Con estos resultados Pabón (2003b) generó proyecciones para el año 2050 y el año 2100, estableciendo para el 2050, un incremento del nivel del mar en la costa Pacífica alrededor de los 30 y 35 cm, respecto al nivel observado en el período de 1961 a 1990, mientras que para la costa Caribe esta medición estaría alrededor de 20 cm a 25 cm. Para el año 2100, la tasa para la costa Pacífica estaría entre 60 cm y 70 cm mientras que para el Caribe variaría entre 40 cm y 50 cm<sup>2</sup>. Proyecciones que tienen en cuenta algunos factores locales.

---

<sup>1</sup> El primer caso de reubicación por ascenso del nivel del mar en América se registra con los indígenas bayous de la Isla Jean Charles en Estados Unidos, con un costo aproximado de 48 millones de dólares. (El Espectador, 2016)

<sup>2</sup> Las tasas calculadas varían de acuerdo con diferentes autores, las mismas se presentan en el Capítulo 1. Sin embargo, las tasas anuales propuestas por Pabón al recalcularlas no coinciden con

Sin embargo estos ascensos podrían darse de manera exponencial, lo que implica que las proyecciones sean moderadas y se recomienda realizar estudios de manera más puntual y en escalas más locales (Pabón, 2003b).

Teniendo en cuenta esta problemática, el trabajo se planteó como objetivo analizar los efectos ambientales potenciales por el ascenso del nivel medio del mar sobre los servicios ecosistémicos que soportan Isla Múcura en el Archipiélago de San Bernardo, en los diferentes capítulos se busca: identificar los ecosistemas de la Isla y la relación de la comunidad con ellos, dar cuenta de las percepciones que tiene la comunidad sobre el ascenso del nivel del mar, y finalmente entender los efectos ambientales que puede generar el fenómeno sobre la Isla Múcura.

Las preguntas de investigación fueron:

- ¿Cuáles son los ecosistemas de Isla Múcura y cuál es la relación que la población tiene con ellos?
- ¿Cuáles son los servicios ecosistémicos locales y cuál es su relación con el nivel medio del mar en Isla Múcura a través de la percepción de la comunidad?
- ¿Cuáles son los efectos del ascenso del nivel medio del mar en los diferentes servicios ecosistémicos en Isla Múcura?
- ¿Cuál es la percepción que tiene la comunidad de Isla Múcura sobre el ascenso del nivel medio del mar?

El documento se divide en cuatro (4) capítulos, el primero aborda conceptualmente el ascenso del nivel medio del mar.

En el segundo capítulo se discute el término de servicio ecosistémico a través de conceptos claves como la biodiversidad y su interdependencia con los sistemas humanos, y como existen motores de transformación y pérdida. En el tercer capítulo, se identifica la percepción que tiene la comunidad del fenómeno del ascenso del nivel medio del mar en

---

los escenarios proyectados, pueden hacerse reajustes, pero no es la finalidad del trabajo. Para el cual se toman 50 cm y 1 m como lo establecen algunas proyecciones del IPCC

dos escenarios de aumentos de 50 cm y 1 m, a través de cartografía social, encuestas, entrevistas y fotografías.

En el cuarto capítulo se relacionan los efectos ambientales que genera el aumento del nivel medio del mar en Isla Múcura, consultando información secundaria sobre los efectos, a través de la observación en campo y con la metodología de la matriz de Vester, que permitió priorizar los problemas activos y proponer de manera conjunta con la comunidad, algunas alternativas de solución. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

# 1. Ascenso del nivel medio del mar

Actualmente los procesos de calentamiento global y cambio climático, que han sido acelerados principalmente por actividades antrópicas, se ven reflejados, en los cambios de temperatura, la fusión de los glaciares y la disminución de la criosfera (hielo glaciar) que conllevan al ascenso del nivel medio del mar. El incremento del nivel medio del mar <sup>3</sup> ha sido ampliamente estudiado a nivel mundial, pues las grandes urbes y centros de desarrollo económico, se encuentran ubicadas en zonas insulares y costeras, que serán las primeras afectadas por el ascenso progresivo del mar (Pabón, 2003a).

El IPCC asevera que, el ascenso del nivel del mar en los últimos 100 años ha sido de 10 a 25 centímetros, y realizando proyecciones se espera que hacia el 2100, el aumento esté entre los 20 y 86 centímetros dependiendo de diversos factores a nivel regional y local en diferentes zonas del mundo (IPCC, 2013b). El informe del IPCC (2013), analizó el periodo de tiempo desde 1993 hasta el 2010, encontrando una tasa acumulada de aumento del nivel medio del mar, donde se sumaron diferentes factores que generan cambios en el nivel del mar (Figura 1-1) factores como la expansión térmica del océano debida al calentamiento de 1,1 [0,8 a 1,4] mm/año, y de los cambios en los glaciares 0,76 [0,39 a 1,13] mm/año, el manto de hielo de Groenlandia 0,33 [0,25 a 0,41] mm/año, el manto de hielo de la Antártida 0,27 [0,16 a 0,38] mm/año y el almacenamiento terrestre de agua 0,38 [0,26 a 0,49] mm/año), estableciendo una tasa de ascenso del nivel medio del mar de 2,8 mm/año a nivel global.

---

<sup>3</sup> El trabajo se realiza en torno al incremento del nivel medio del mar, que no tiene en cuenta fenómenos como las marejadas, las mareas astronómicas entre otros. Solo analiza el fenómeno como un modelo ideal sin fuerzas adicionales como las descritas. (Entrevista con Nelson Murillo, Oceanógrafo de la Dirección de Asuntos Marinos y Costeros y Recursos Acuáticos, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible)

Pabón (2003) afirma que este incremento puede generar diferentes efectos ambientales como: la afectación de grupos socioeconómicos ubicados en las zonas costeras y en las islas, el daño progresivo de los manglares que al mismo tiempo cumplen con la función de barrera protectora ante inundaciones y tormentas, cambios en la vegetación por la salinización de los suelos, erosión de las costas, playas y salinización de los sistemas de agua dulce.

Otros procesos que no están relacionados directamente con el cambio climático, pero que influyen en los cambios del nivel del mar y en el almacenamiento de agua terrestre (Figura 1-1) son:

La extracción de agua subterránea, la construcción de embalses, cambios en la escorrentía superficial, infiltración hacia acuíferos más profundos desde los embalses y la irrigación. Quizás estos factores compensen una fracción importante de la aceleración prevista en el aumento del nivel del mar por la expansión térmica y la fusión de los glaciares. La subsidencia de la costa en las regiones con deltas fluviales también puede influir sobre el nivel del mar a nivel local... los lentos movimientos del manto terrestre y los desplazamientos tectónicos de la corteza pueden tener efectos sobre el nivel local del mar, comparables con los impactos vinculados con el clima.

Por último, en las escalas temporales estacional, interanual y decenal, el nivel del mar responde a cambios en la dinámica de la atmósfera y el océano, de los cuales el ejemplo más notable es el que se produce durante los episodios El Niño Oscilación Sur (ENOS) Málikov (2010, p.5).

Estos procesos generan cambios en las tasas a nivel regional o local y deben tenerse en cuenta a la hora de generar proyecciones para determinados lugares, en el caso de El Niño Oscilación Sur, el aumento de la temperatura superficial del mar genera la expansión volumétrica del mismo, con aumentos en las tasas de ascenso del nivel medio del mar hasta de 30 cm como sucede en el Pacífico colombiano, en cuanto a fenómenos de rebotes isostáticos por la pérdida de peso por masa glaciar en las cumbres nevadas, el nivel del mar disminuiría, este caso puede presentarse con el pico Bolívar en la Sierra Nevada de



Santa Marta, la montaña costera más alta del mundo (5575 msnm) (Correa y Lorduy, 2016).

Figura 1-1: Esquema de cambios en el nivel del mar



Fuente: (UNESCO, 2010).

Además de los cambios antrópicos como la extracción de agua subterránea o la construcción de embalses, existen ciclos naturales que han influido en la variación del nivel del mar. Entre ellos el mínimo de Maunder relacionado con una fase de menor actividad solar, época conocida como la pequeña edad de hielo durante los siglos XV al XIX, y los ciclos de Milankovitch que son ligeras variaciones de la orientación de la tierra con respecto al sol, influyendo en la cantidad de radiación recibida, estos ciclos generan los periodos glaciares e interglaciares con una duración de 100.000 años en los que el 80% corresponde a temperaturas frías (orientación terrestre donde se recibe menor radiación solar) con fases glaciares y solo el 20% con temperaturas altas conocidas como las fases interglaciares (orientación terrestre con mayor radiación solar). Según los estudios del IPCC (2018) en el último periodo interglaciar la temperatura de la tierra fue más alta entre 1°C y 2°C que el periodo actual, generando también niveles de aumento del nivel del mar, más altos hasta

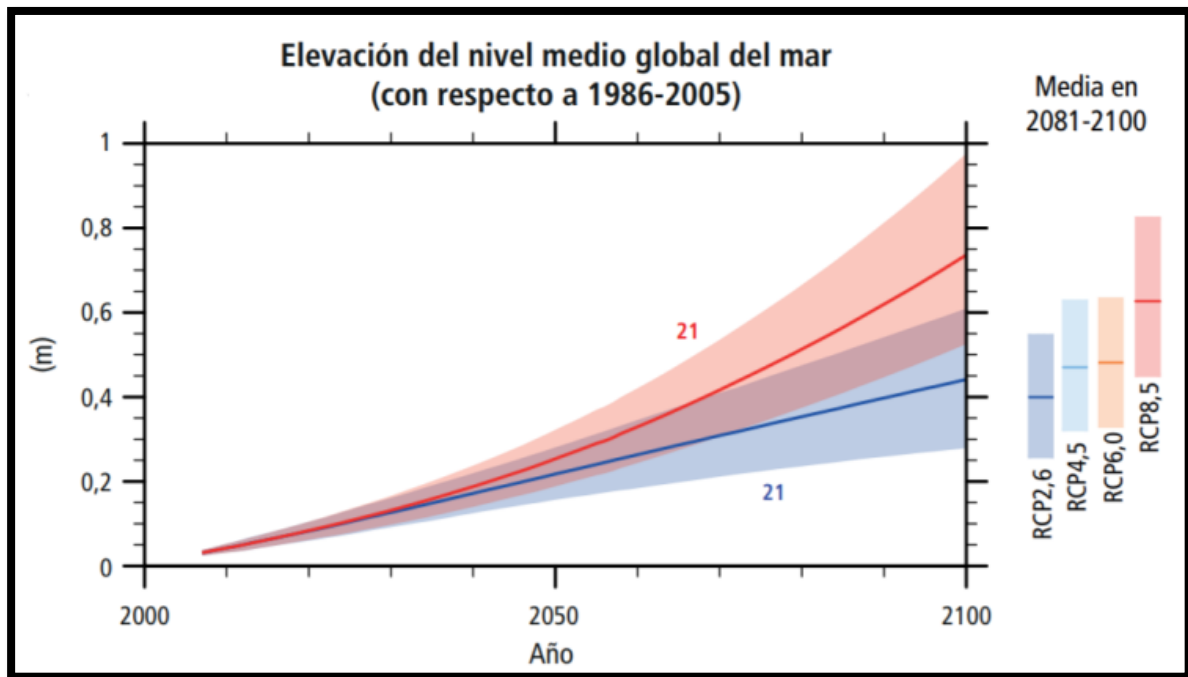
6 m que los niveles actuales y los que se proyectan para el año 2100. Sin embargo, en el periodo interglaciar actual, aunque es normal el aumento de la temperatura, el IPCC asegura que las dinámicas antrópicas han acelerado los niveles naturales de aumento, generando que el ascenso no sea lineal sino exponencial.

La expansión térmica oceánica y el derretimiento de los glaciares han sido los principales contribuyentes al ascenso del nivel medio del mar. Estos dos fenómenos explican el 65% del aumento en el periodo de 1901 a 1990 y el 90% para el periodo entre 1971-2010 y 1993-2010 (IPCC, 2018).

El informe especial sobre el impacto del aumento de la temperatura en 1.5°C realizado por el IPCC (2018) plantea cuatro posibles escenarios, dependiendo de las trayectorias de concentración representativas o RCP por sus siglas en inglés, que reflejan proyecciones basadas en las emisiones y las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI), el uso del suelo y las emisiones de contaminantes atmosféricos. Los cuatro escenarios tienen en cuenta la implementación de acciones para disminuir la emisión de GEI; el RCP2,6 es el escenario de estricta mitigación, RCP 4,5 y RCP 6,0 son escenarios intermedios y RCP8,5 que representa el escenario con mayores emisiones de GEI, cada uno de los escenarios representará una determinada proyección en la tasa de aumento del nivel medio del mar (Figura 1-2).

Así el IPCC (2018) afirma que en los 2 escenarios extremos, en el RCP 2,6 de mitigación, la elevación del nivel medio del mar tendrá un rango de 0,26 a 0,55 m y para el escenario con mayores emisiones de GEI RCP 8,5, el rango de ascenso estará entre 0,45 y 0,82 m, sin embargo el 70% de las costas a nivel global sufrirán cambios en el nivel medio del mar, con intervalos  $\pm 20\%$  de la media global calculada por el panel de expertos, razón por la cual, recomiendan realizar estudios regionales y locales. Sin embargo, como salida práctica, ante la falta de información, Pabón y Lozano (2005) citando al IPCC (2001), en las guías globales se recomienda que con aumento del nivel medio del mar mayor a 40 cm para el año 2100, puede usarse 1m para evaluar los efectos del ascenso del nivel del mar.

Figura 1-2: Escenarios de aumento del nivel medio del mar por trayectorias de concentración representativas (RCP).



Fuente: (IPCC, 2013b).

Además de los escenarios que plantea el IPCC (2018) con tasas de ascenso del nivel medio del mar a nivel global hasta de 1 m para el año 2100, existen otras proyecciones que se enfocan en escenarios probables con aumentos determinados de temperatura

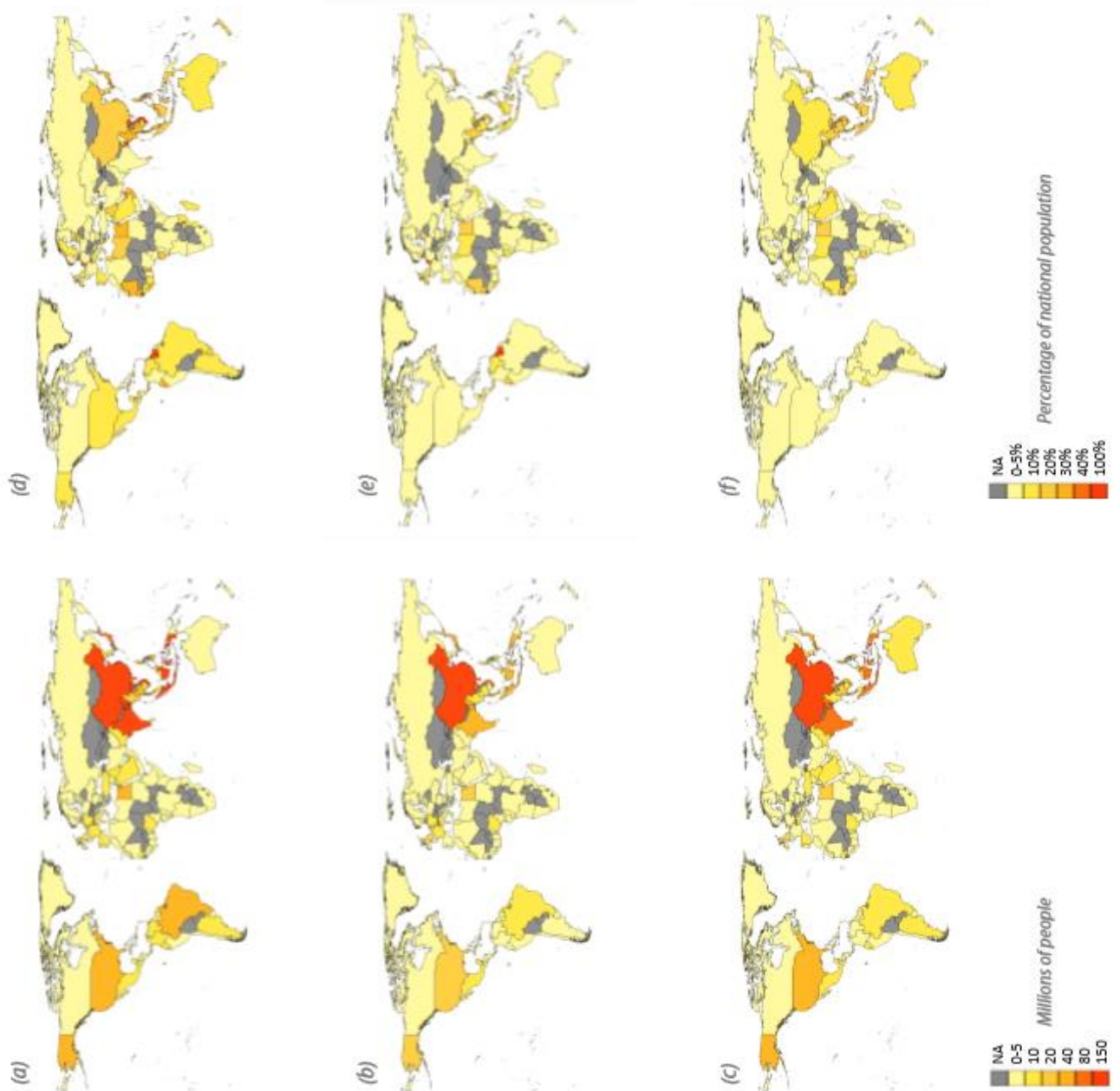
En el estudio realizado por Strauss, Kulp y Levermann (2015), se calculan dos escenarios relacionados con aumentos de temperatura a nivel global, uno positivo de aumento de la temperatura en 2°C controlando las emisiones de gases de efecto invernadero y otro pesimista con un aumento de 4°C; el análisis cruza información satelital que informa la altura de diferentes áreas del planeta, el probable aumento del nivel del mar en dos escenarios con diferente temperatura (2° y 4°C) y los datos poblacionales, así proyecta mapas globales que reflejan en estos escenarios las naciones en orden más expuestas y con mayor población en peligro por la expansión térmica de los océanos y el aumento progresivo del mar, las naciones que allí aparecen son (Figura 1-3): China, con aproximadamente 145 millones de personas en riesgo, y doce naciones más con 10 millones de posibles afectados, en India, Bangladesh, Vietnam, Indonesia, Japón, Estados

Unidos, Filipinas, Egipto, Brasil, Tailandia, Myanmar, y los Países Bajos<sup>5</sup>. El 74% de la población a nivel mundial que podría verse afectada en estos escenarios de ascenso, se encuentra en Asia. En cuanto a la parte insular las 10 islas más afectadas en un escenario de aumento de temperatura en 4°C son las Islas Marshall con el 93% de su población expuesta, Islas Caimán con el 88%, Tuvalu el 81%, Kiribati el 77%, Bahamas el 76%, y Maldivas el 73%, Surinam el 84%, Guyana el 72% y los Países Bajos un 67%. Algunas ciudades del continente americano aparecen en la lista de las primeras 20 urbes impactadas por este fenómeno, Rio de Janeiro (Brasil), Nueva York (USA) y Buenos Aires (Argentina).

---

<sup>5</sup> El estudio por la escala que maneja usa 90 m de precisión, allí se aclara que es una aproximación y que no se tiene en cuenta la capacidad de adaptación que se tenga para las grandes ciudades como defensas, espolones y reubicación de la población.

Figura 1-3: Población total que podría estar sumergida por el aumento del nivel del mar a largo plazo en escenarios de 4°C y 2°C.



Fuente: (Strauss et al., 2015).

(a) 4 ° C de calentamiento o (b) 2 ° C de calentamiento. El panel (c) refleja la diferencia entre estos totales, en otras palabras, la diferencia lograda al limitar el calentamiento a 2 ° C en lugar de 4 ° C. Los paneles (d) - (f) reflejan las mismas cantidades, excepto que se miden en porcentajes de la población nacional total.

## 1.1 Ascenso del nivel del mar en América

Aunque el IPCC realiza proyecciones a nivel global, en diferentes continentes se están realizando estudios regionales y locales, que proyectan las consecuencias a futuro del aumento progresivo del nivel medio del mar.

Una de las mayores implicaciones sobre las poblaciones expuestas, son los desplazamientos y reubicaciones. Algunas organizaciones internacionales como OXFAM, realizan análisis sobre la desigualdad de los impactos del calentamiento global y el cambio climático, mostrando como fenómenos meteorológicos extremos, huracanes o ciclones, las fuertes lluvias, las sequías o fenómenos lentos y progresivos como el ascenso del nivel medio del mar, están generando desplazados y refugiados climáticos, con impactos desiguales, donde indígenas, raizales, comunidades afrodescendientes, países en desarrollo y poblaciones pobres son las más afectadas, porque no cuentan con el dinero suficiente para adaptarse a los fenómenos y porque solo son testigos de cómo se destruyen las relaciones tejidas en comunidad con el territorio. Una fuerte conexión ancestral y cultural que se convierte en la razón por la que muchas poblaciones no abandonan estas áreas, aunque estén en riesgo por permanecer allí (OXFAM, 2017).

Frente a estos escenarios, actualmente se conocen para América, los primeros cambios y refugiados climáticos, por fenómenos extremos como huracanes y ciclones o algunos fenómenos lentos y progresivos como el ascenso del nivel medio del mar. El primer caso de reubicación y desplazamiento ambiental para América se conoció en Estados Unidos, con el traslado de indígenas bayous<sup>6</sup>. Se estima además que con el aumento de 2 dm se quedarían sin hogar 740.000 personas en lugares como Nigeria, Maldivas, Tuvalu y países con pendientes bajas que están en mayores niveles de riesgo (Málikov, 2010). Países que pueden perder su territorio y con ello extinguirse como Estado o Nación<sup>7</sup>, recientemente

---

<sup>6</sup> No se encontraron estudios técnicos de reubicación por ascenso del nivel medio del mar para América, sin embargo, varios medios registran la noticia y referente a desastres esta la plataforma Desinventar que funciona con información de prensa. (El Espectador, 2016)

<sup>7</sup> "Para muchos estados conformados por tierras bajas y pequeñas islas, el aumento del nivel del mar implica una crisis social, económica y ecológica claramente predecible. Para las Maldivas, donde el 80% del área terrestre está a menos de un metro sobre el nivel del mar, incluso el escenario benigno supone una profunda vulnerabilidad. Los pequeños estados insulares en desarrollo están en la primera línea del cambio climático. Ya son altamente vulnerables a los desastres climáticos.

Tuvalu inició negociaciones con Australia y Nueva Zelanda, para garantizar el traslado de sus habitantes en el caso de la inhabilitación de las islas (Vega, 2011).

Con los escenarios futuros que plantea el IPCC (2018) de ascenso del nivel medio del mar entre 50 cm y 1 m hacia el 2100, son muchas las ciudades costeras que quedarían expuestas a pérdidas de terrenos por erosión costera, inundación y salinización de suelos, entre otros.

Además, con el aumento de la frecuencia y la intensidad de fenómenos naturales generados por el cambio climático, fenómenos como ciclones, huracanes, inundaciones, sequías y demás, se espera que el número de personas afectadas y que puedan verse desplazadas de sus lugares de origen aumente considerablemente. Esta situación generó la construcción de una nueva categoría, la categoría de refugiados ambientales, pues durante los últimos años, las catástrofes y/o desastres naturales y/o antrópicos, han generado más refugiados que el conflicto armado en el mundo (Borràs, 2009)<sup>8</sup>.

Así lo evidencia el último Informe Global sobre Desplazamiento Interno (IDMC) que calcula en 18.8 millones el número de nuevas personas desplazadas por desastres y/o eventos como las inundaciones, temperaturas extremas, derrumbes, sequías, tormentas, incendios forestales, erupciones volcánicas, terremotos, ciclones, huracanes y tifones para el año 2017, cifra que supera el número de desplazados en el mundo por el conflicto y la violencia<sup>9</sup>, que para el año 2017 fue de 11.8 millones de personas (Figura 1-4). Se calcula además que, en los últimos 8 años, la cifra de desplazados por desastres fue de 203.4 millones (NRC, 2018).

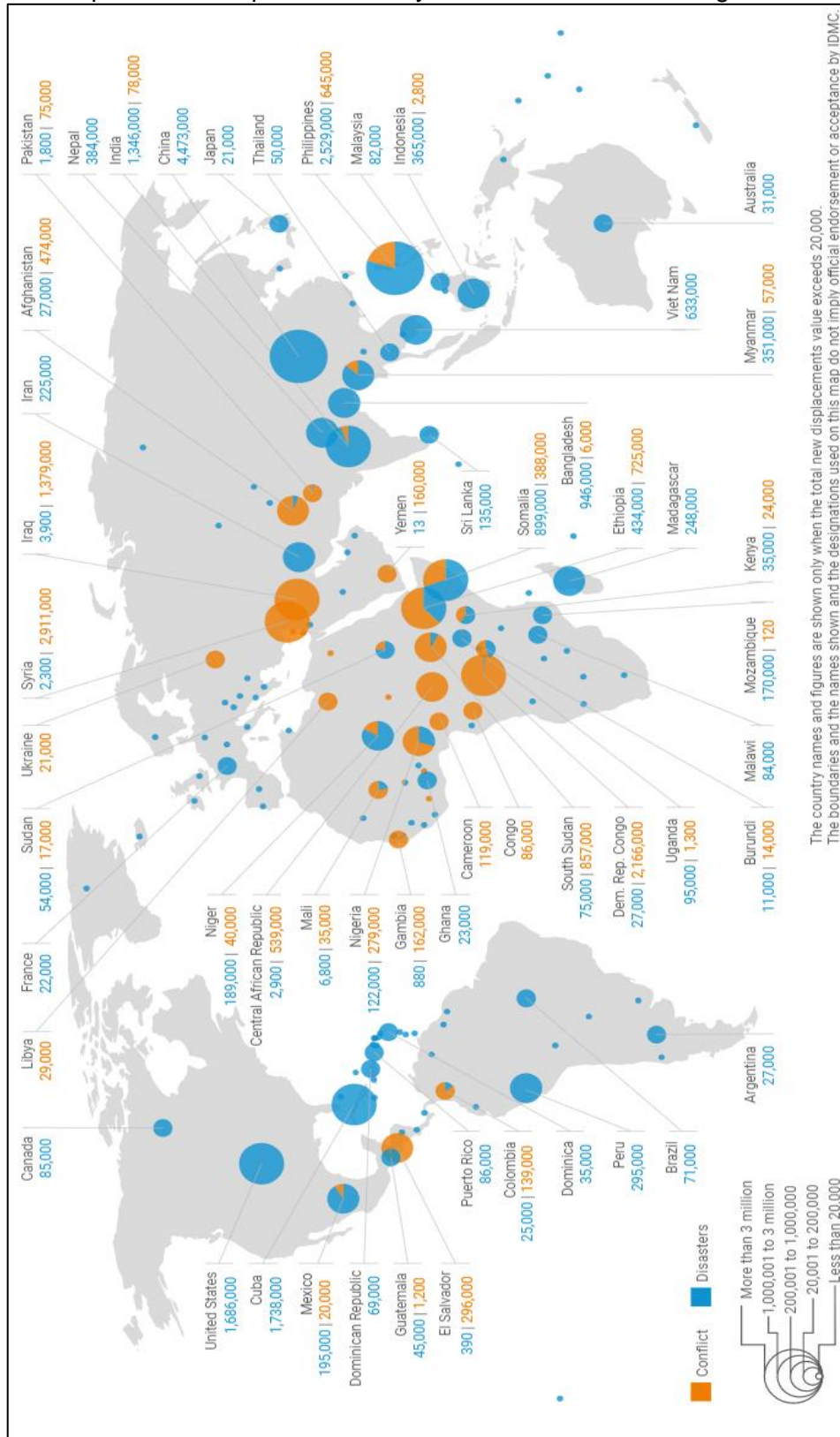
---

Los daños anuales en las islas Pacífico o Fiji, Samoa y Vanuatu se calculan entre 3% y 7% del PIB (Vega, 2011, p.29)<sup>7</sup>.

<sup>8</sup> Hasta el año 2009, eran 25 millones las personas que huían de sus países por problemáticas ambientales, la mayoría migrantes de Asia y el África Subsahariana, por sequías, erosión de suelos y demás (Borràs, 2009).

<sup>9</sup> Sin embargo, para Colombia por la situación de conflicto los porcentajes cambian, por desastres se calcularon 25.000 desplazados y por conflicto 139.000. La categoría de conflicto agrupa la violencia política, la violencia criminal, la violencia comunal y el conflicto armado.

Figura 1-4: Desplazamientos por desastres y conflicto armado a nivel global.



Fuente: (NRC, 2018).



El concepto es mencionado por primera vez en un informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1985 por Essam El-Hinnawi y popularizado gracias al premio Nobel de la Paz Wangari Maathai, a partir de allí es reconstruido por Borrás (2009) como:

*“aquellos individuos que se han visto forzados a dejar su hábitat tradicional, de forma temporal o permanente, debido a un marcado trastorno ambiental, ya sea a causa de peligros naturales y/o provocado por la actividad humana, como accidentes industriales o que han provocado su desplazamiento permanente por grandes proyectos económicos de desarrollo, o que se han visto obligados a emigrar por el mal procesamiento y depósito de residuos tóxicos, poniendo su existencia y/o afectando seriamente su calidad de vida”* (Borràs, 2009, p.3).

Egea y Soledad (2011) afirman que existen diferentes causas para que las personas migren voluntaria o forzosamente, y hacen un recuento respecto a la evolución y la clasificación de los tipos de migración, terminando con la posición de la Comunidad Internacional, quienes ratifican que los refugiados ambientales sufren migraciones forzosas (Tabla 1-1).

Tabla 1-1: Categorías y causas de desplazamiento de los refugiados

Autor	Clasificación o causas de migración	Tipo de migración <sup>10</sup>
MALGUESINI y GIMÉNEZ (2000)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Políticas: Violencia e inseguridad por guerras o conflictos armados.</li> <li>2. Económicas: Tensiones económicas y pobreza; apropiación por la fuerza de territorios y recursos.</li> <li>3. Medioambientales: Por destrucción, sobreexplotación y degradación de los recursos naturales, además de la expulsión de quienes se benefician de ellos.</li> <li>4. Étnicas: Cuando un grupo étnico se impone sobre otro, definiendo la nacionalidad.</li> </ol>	Migraciones voluntarias y forzadas.
WOOD (1994)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inestabilidad política, conflictos bélicos y persecuciones.</li> <li>2. Crisis económica, degradación del medio ambiente y acontecimientos naturales.</li> <li>3. Conflictos étnicos, religiosos y tribales.</li> </ol>	Migraciones voluntarias y forzadas.
Comunidad internacional	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Refugiados</li> <li>2. Desplazados internos</li> <li>3. Desplazados inducidos por el desarrollo</li> <li>4. Desplazados ambientales</li> </ol>	Migraciones forzadas.

Fuente: Elaboración propia a partir de Egea y Soledad (2011, p.202).

Con los cambios recurrentes que presenta el planeta a nivel global, los desplazados ambientales, algunas veces mencionados como refugiados climáticos, empiezan a cobrar relevancia, pues se convierten en damnificados ambientales por *la concurrencia e interrelación de fenómenos naturales y de la intervención de la población en el ambiente* (Egea y Soledad, 2011). Algunos casos en el continente americano están relacionados con: cambios de cultivos tradicionales por aquellos impuestos por grandes multinacionales como la palma aceitera en Perú, Guatemala y Colombia, la construcción de grandes presas hidroeléctricas en Perú, Chile, y Colombia, algunos agricultores pobres que abandonan tierras degradadas y migran a ciudades en busca de medios alternativos de subsistencia en México, o relacionados directamente con fenómenos naturales como las recientes

<sup>10</sup> La diferencia entre la migración forzada y voluntaria radica en los beneficios que reciben unos y otros. Solo son atendidos como refugiadas, las personas que se han visto obligadas a abandonar su país, por una migración forzada.

explosiones del Volcán del Fuego en Guatemala, avalanchas como en Mocoa Colombia, y probablemente algunas poblaciones que habitan la parte insular colombiana por el ascenso progresivo del nivel del mar, y la erosión de playas y costas<sup>12</sup>. Otras zonas en América que están en peligro se encuentran en México, Brasil, Argentina y Venezuela.

Pero los escenarios de ascenso del nivel medio del mar no solo afectan a la población. Una de las mayores consecuencias es la pérdida de hábitat para muchas especies, que tendrán que adaptarse a estos cambios. Con la investigación realizada por Baker et al.(2007), fue posible analizar los efectos potenciales del aumento del nivel del mar sobre los hábitats terrestres de la megafauna endémica y en peligro de extinción de las islas del noroeste de Hawái. Para el estudio se generaron posibles escenarios de ascenso del nivel del mar para el año 2100, evaluando las posibles pérdidas de hábitat para especies endémicas y que actualmente están en peligro de extinción, como la foca monje, las tortugas marinas verdes y el pájaro pinzón, en escenarios con pérdidas de hábitat de un 65% con un aumento de 48 cm en el mar o pérdidas de un 75% en el escenario máximo de aumento del nivel medio del mar en 88 cm.

### **1.1.1 Ascenso en las costas y áreas insulares colombianas**

Países como México, Brasil, Argentina y Colombia, para Latinoamérica, se encuentran expuestos a los fenómenos que se profundizan por el cambio climático y el calentamiento global, fenómenos como el ascenso del nivel medio del mar, que con los años generarán efectos sobre las costas y áreas insulares. Colombia por su parte, cuenta con un área de 207.040.800 hectáreas (ha), con una zona continental calculada en 114.174.800 ha, y 92.866.000 en superficie marítima (33.930.000 para el Pacífico y 58.936.000 para el

---

<sup>12</sup> Los casos relacionados de palma de aceite e hidroeléctricas en Colombia, pueden consultarse en la plataforma del Observatorio de Conflictos Ambientales del Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia en [https://conflictos-ambientales.net/oca\\_bd/](https://conflictos-ambientales.net/oca_bd/). Algunas noticias relacionadas con los desplazamientos de población por el volcán de fuego en Guatemala se consultaron en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-42727202>. Los desplazados por la avalancha en Mocoa, Colombia: [https://elpais.com/internacional/2017/04/01/colombia/1491052719\\_307114.html](https://elpais.com/internacional/2017/04/01/colombia/1491052719_307114.html).

Caribe<sup>13</sup>), siendo el único país suramericano con aguas marinas en dos océanos (Díaz, 2002).

La costa Pacífica tiene una longitud cercana a los 1.300 km donde tienen costa los departamentos de Chocó, Cauca, Valle del Cauca, Nariño y están las islas de Malpelo, Gorgona y Gorgonilla, limitando con Panamá y Ecuador, mientras que, para la costa Caribe, la longitud es cercana a los 1600km, y con costa están los departamentos de Chocó, Antioquia, Guajira, Sucre, Córdoba, Atlántico, Magdalena, Bolívar (archipiélagos del Rosario y San Bernardo) y el archipiélago de San Andrés y Providencia, limitando al nororiente con Venezuela y al occidente con Panamá y Nicaragua (Díaz, 2002).

Es así como las dos costas colombianas, más las zonas insulares en el Caribe y en el Pacífico, son áreas habitadas que presentan diferentes tipos de desarrollo, son grandes centros turísticos y están expuestas constantemente a la erosión costera y al fenómeno progresivo del ascenso del nivel medio del mar. Fenómenos naturales que son acelerados actualmente por el ser humano y están relacionados con el cambio climático.

Aunque los escenarios globales determinados por el IPCC (2018) proponen aumentos de temperatura desde 1.5°C hasta 4°C y tasas de ascenso del nivel del mar entre 16cm hasta 80cm o 1m, los cambios a nivel regional y local pueden presentar tasas menores o mayores de acuerdo con diferentes factores como la tectónica de placas, eventos como el fenómeno del niño, los procesos de erosión o sedimentación y el material geológico de las zonas expuestas. Por esto los estudios a nivel regional y local son importantes para observar los impactos potenciales que puede generar el fenómeno, sin embargo, son proyecciones que mantienen grados de incertidumbre para mostrar que en un tiempo determinado se presenta un incremento construyendo situaciones posibles (escenarios)<sup>14</sup> que reflejan efectos sobre algunos servicios ecosistémicos (Pabón y Lozano, 2005).

---

<sup>13</sup> Este dato está por corroborar pues aún sigue el proceso jurídico ante La Haya, por las demandas y contrademandas entre Nicaragua y Colombia, hasta el año 2012, por la sentencia del 19 de noviembre de 2012 de la Corte Internacional de Justicia, Colombia habría perdido el 43% del área marítima en el Caribe, sin embargo, esta sentencia fue desacatada por el expresidente Juan Manuel Santos. Un recuento de la historia del conflicto puede encontrarse en <https://www.semana.com/nacion/articulo/colombia-contraataca-a-nicaragua/548520>.

<sup>14</sup> Los escenarios se plantean como proyecciones de un suceso que puede ocurrir más no como algo que ocurrirá en determinado periodo (Pabón y Lozano, 2005).

Una de las aproximaciones relacionadas con el aumento del nivel del mar en las costas y áreas insulares de Colombia, muestra la exposición permanente a este fenómeno que tiene la Costa Pacífica, la Costa Caribe y las áreas insulares del país como Malpelo, Gorgona, San Andrés y Providencia y los archipiélagos de San Bernardo y las Islas del Rosario. El estudio se realizó con información de datos de topografía del océano tomados por el sensor satelital TOPEX/POSEIDON en la costa Pacífica, para las ciudades de Buenaventura y Tumaco, y con extrapolaciones de países vecinos para la Costa Caribe por la baja calidad de la información para el país en esta zona. Los resultados muestran que en el periodo de 1961 a 1990, la tasa de aumento para Buenaventura fue de 5.3 mm/año, con 16 cm en un periodo de 30 años, y para Tumaco de 3.5 mm/año, con 10 cm en el mismo periodo. Para la costa Caribe, la tasa por medio de la extrapolación se calculó en 2 mm/año (Pabón, 2003a).

Pabón (2003b) generó proyecciones a partir del estudio, para el año 2050 y el año 2100, en donde establece que para el 2050, existirá un incremento del nivel del mar en la costa Pacífica alrededor de los 30 y 35 cm, respecto al nivel observado en el período de 1961 a 1990, mientras que para la costa Caribe esta medición estaría alrededor de 20 cm o 25 cm. En lo que se refiere al 2100, la tasa para la costa Pacífica estaría entre 60 cm y 70 cm, y para el Caribe variaría entre 40 cm y 50 cm. Proyecciones que tienen en cuenta algunos factores locales. Sin embargo estos ascensos podrían manifestarse de manera exponencial, lo que implica que sean moderadas, se recomienda realizar estudios de manera más puntual y en escalas aún más locales (Pabón, 2003b).

Otras tasas calculadas para el Caribe Colombiano corresponden a tendencias de un aumento promedio anual de 3.6 mm/año (Málikov, 2010) analizando el período de 1952 a 1993, y las tasas descritas en la tercera comunicación nacional de Cambio Climático, con tres proyecciones futuras cada 30 años y basadas en las estadísticas de los estudios de CEPAL (Tabla 1-2) (IDEAM et al., 2017).

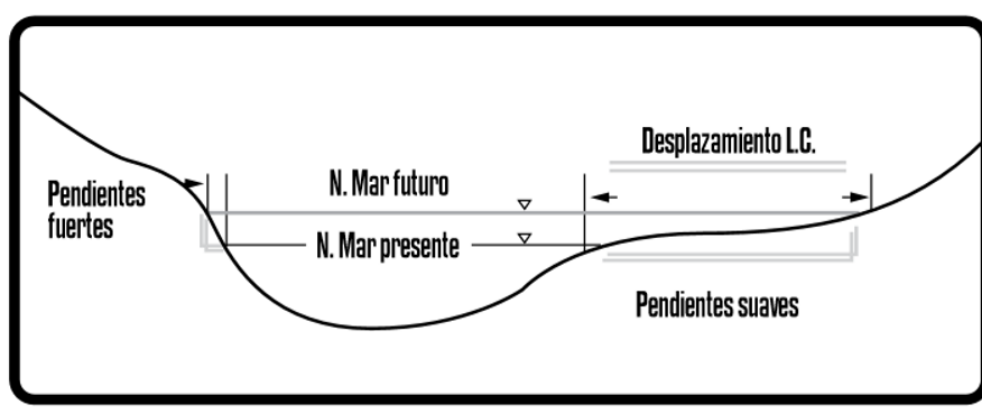
Tabla 1-2: Tasas de ascenso de nivel del mar (mm/año)

TASA DE ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR		
AÑO	PACIFICO	CARIBE
Actual	2.3	1.4
2040	3.2	1.8
2070	4	2
2100	4.97	2.47

Fuente: Elaboración propia a partir de (IDEAM et al., 2017).

En las costas del Caribe y Pacífico colombiano, los impactos potenciales del ascenso del nivel medio del mar difieren, por un lado, en el Pacífico los procesos tectónicos, los materiales geológicos y fenómenos como el del niño, que incrementa en 30 cm el nivel medio del mar cuando ocurre, generan exposiciones diferentes de los sistemas socioeconómicos al aumento del nivel medio del mar. En el Caribe colombiano, aunque las tasas de ascenso son menores que en el Pacífico, la geomorfología con pendientes bajas y playas de arenas con material de coral están más expuestas y se verán más afectadas por este fenómeno (Figura 1-5) (Pabón y Lozano, 2005).

Figura 1-5: Desplazamiento de línea de costa por aumento del nivel del mar



Fuente: (Correa y Lorduy, 2016).

Visualización cualitativa del ascenso futuro del nivel medio del mar sobre litorales con pendientes topográficas diferentes de las cuales depende el desplazamiento de la línea de costa (LC).

Así lo evidencian Correa y Lorduy (2016), quienes muestran que dependiendo de la forma de la playa, de procesos geológicos en la zona, y del material del litoral, se pueden presentar diferentes grados de erosión.

Igualmente, establecen que cuando los litorales presentan pendientes topográficas altas, y la resistencia de sus materiales al oleaje y la erosión costera es fuerte, no se ven impactados drásticamente por el fenómeno de ascenso del nivel del mar. Sin embargo, en las zonas de pendientes bajas y con materiales poco resistentes a la erosión, el mar avanzará significativamente, invadiendo y erosionando la franja litoral, situación que puede afectar a extensas zonas litorales en Colombia, incluyendo los terrenos insulares como los archipiélagos coralinos de San Andrés y Providencia, Islas del Rosario y de San Bernardo que presentan pendientes bajas o poca altura sobre el nivel medio del mar (Correa y Lorduy, 2016).

Por esta razón se explica que el aumento del nivel medio del mar no genere los mismos efectos a nivel regional, ya que los tipos básicos de litorales en la Costa Caribe son diferentes.

Algunos análisis de vulnerabilidad y adaptación al ascenso del nivel medio del mar para el país, con escenarios de aumento de 1 m para el año 2100, evidencian que existen 4900 km<sup>2</sup> de costas bajas que con el incremento del nivel medio del mar en 1 m podrían estar inundadas permanentemente, 5100 km<sup>2</sup> tendrían un encharcamiento fuerte, presentando una susceptibilidad moderada, donde los marismas y las playas serán los sistemas naturales mayormente afectados (Martínez A. et al., 2001).

Una de las consecuencias del aumento del nivel medio del mar es la erosión costera<sup>15</sup>, razón por la cual a nivel nacional y departamental varios estudios analizan cuales son las zonas más expuestas del país, en sus 12 departamentos costeros, en la región del Pacífico (Nariño, Cauca, Valle del Cauca y el Chocó-Pacífico) y en la región Caribe (Chocó-Caribe,

---

<sup>15</sup> Definida como: "invasión de la tierra al mar, retroceso de la línea de costa con pérdidas importantes de playas y terrenos que albergan ecosistemas aptos para las actividades humanas (Ricaurte et al., 2018)

Antioquia, Córdoba, Sucre, Bolívar, Atlántico, Magdalena, La Guajira, y las Islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina) ya que representa una amenaza para las más de seis millones de personas que viven en la línea de costa, generando afectaciones sobre los sistemas socioeconómicos, la disminución y posible pérdida de ecosistemas estratégicos como los acantilados, las lagunas costeras, las playas y los manglares (Ricaurte et al., 2018).

Para la región del Caribe se pudo establecer que el departamento de Córdoba presenta los valores más altos de amenaza (fuerte exposición a fenómenos físicos como la intensidad del oleaje que acentúan la erosión) y vulnerabilidad (la capacidad de respuesta, recuperación y resistencia de las comunidades es muy baja), el caso más grave está en Santander de la Cruz, Moñitos, sin embargo el departamento de Bolívar presenta una baja vulnerabilidad, al igual que los departamentos del Valle del Cauca y Chocó para la región del Pacífico, donde la amenaza es alta pero la capacidad de recuperación de sus comunidades al parecer es fuerte, resultado que puede estar influenciado por la baja concentración de la población sobre la extensión de la línea costera y por la estrategia de adaptación comunitaria que representan las construcciones palafíticas (Ricaurte et al., 2018).

En otros estudios con proyecciones de aumento del nivel medio del mar (en adelante ANM) en 1 m para el año 2100, evaluando la erosión costera y la inundación del litoral, las zonas más susceptibles en la región del Caribe a la erosión costera corresponden a playas activas con déficit de sedimentos. Algunas de las playas donde el ANM ha generado la erosión<sup>16</sup> están ubicadas al norte de Riohacha (Bocas de Ceniza-Guajira), Coveñas y Tolú (Departamento de Sucre), Arboletes y Turbo (Urabá Antioqueño) y la zona de la Boquilla en Cartagena (Martínez A. et al., 2001).

---

<sup>16</sup> Según Ricaurte-Villota et al. (2018) la erosión como amenaza tiene como componentes: la ocurrencia (ocurrencia y cambios en la línea de costa), magnitud (ascenso del nivel del mar, altura del oleaje y el rango mareal) y la susceptibilidad (geomorfología de las costas bajas y altas).



Actualmente <sup>17</sup>se está desarrollando el Plan Maestro de Erosión Costera que priorizó para el país 20 zonas<sup>18</sup> (Tabla 1-3). Los criterios para clasificarlas como puntos críticos con necesidad de intervención urgente fueron los siguientes impactos: impactos físicos del sector considerando la tasa de erosión anual, impactos sociales (número de personas afectadas por erosión y la presión de la población hacia las autoridades locales solicitando medidas de mitigación), impactos culturales (sobre los valores culturales y el patrimonio), impactos económicos (presencia importante de infraestructura, rutas, puertos y hoteles expuestos a la erosión costera) y los impactos ambientales (ecosistemas marinos y costeros, y zonas de conservación que podrían verse afectadas por la erosión) (MADS et al., 2017).

Tabla 1-3. Medidas propuestas para los 20 puntos seleccionados en el Plan Maestro de Erosión Costera

<b>Ubicación (Municipio, Departamento)</b>	<b>Medida(s) propuesta(s)</b>	<b>Orden de magnitud de los costos y/o magnitud de reubicación</b>
Manaure (Manaure, La Guajira)	Planificación y rediseño de medidas existentes (24 espolones). Relleno/regeneración de playa.	No posible determinar sin estudio detallado. 250.000.000 (COP/año)
Pájaro (Manaure, La Guajira)	Planificación y rediseño de medidas existentes (14 espolones). Relleno/regeneración de la playa.	No posible determinar sin estudio detallado. 250.000.000 (COP/año)
Boca de Camarones (Riohacha, La Guajira)	Estructuras duras para fijar la entrada del lago. Relleno / regeneración de la playa. Reubicación (en el largo plazo)	1.000.000.000 (COP/año) 105.000.000 (COP/año) 30 edificios/casas
Galerazamba (Santa Catalina, Bolívar)	Estructuras duras (rompeolas) Relleno / regeneración de la playa Reubicación (en el largo plazo)	1.500.000.000 (COP) 300.000.000 (COP/año) 50 edificios/casas

<sup>17</sup> El Plan Maestro de Erosión Costera a nivel nacional aún se encuentra en construcción, los resultados que se presentan fueron compartidos durante el primer encuentro académico "Intercambio de experiencias de Investigación sobre Fenómeno Erosión Costera", organizado por la Unidad Nacional para la Gestión de Riesgos de Desastres (UNGRD).

<sup>18</sup> El Plan Maestro seleccionó 36 puntos críticos de los cuales 16 ya tienen aprobación de medidas de restauración urgente por parte de la Vicepresidencia, y son otras las entidades encargadas de su ejecución técnica y económica, por esta razón el Plan Maestro trabajará con los restantes 20 puntos críticos.

Tabla 1-3: (Continuación)

Ubicación (Municipio, Departamento)	Medida(s) propuesta(s)	Orden de magnitud de los costos y/o magnitud de reubicación
Boca Cerrada (San Onofre, Sucre)	Reubicación (en corto/mediano plazo)	70 edificios/casas
Berrugas (San Onofre, Sucre)	Recuperación de manglares	750.000.000 (COP)
Playa Blanca (San Antero, Córdoba)	Relleno / regeneración de la playa	500.000.000 (COP/año)
Punta Mestizos (San Antero, Córdoba)	No obra propuesta, pero alta erosión	-----
Paso Nuevo (San Bernardo del Viento, Córdoba)	Planeación espacial incluido reubicación (en mediano/largo plazo)	100 edificios/casas
La Rada (Moñitos, Córdoba)	Recuperación de manglares	750.000.000 (COP)
Santander de la Cruz (Moñitos, Córdoba)	Recuperación de manglares Planeación espacial incluido reubicación (en el largo plazo)	375.000.000 (COP) 50 edificios/casas
Damaquiel (San Juan de Urabá, Antioquia)	Planeación espacial incluido reubicación (en el largo plazo)	50 edificios/casas
Acuario (San Andrés Isla, San Andrés y Providencia)	Rehabilitación de los corales	No posible determinar los costos sin estudios más detallados
El Cove (San Andrés Isla, San Andrés y Providencia)	Obras duras a pequeña escala	No posible determinar los costos sin estudios más detallados
Nuquí (Nuquí, Chocó)	Planeación espacial incluido reubicación (en el largo plazo). Problemas especialmente por erosión fluvial (ríos dinámicos)	100 edificios/casas
Pizarro (Bajo Baudó, Chocó)	Planeación espacial incluido reubicación (en el largo plazo)	100 edificios/casas
Togoromá (Litoral del San Juan, Chocó)	Planeación espacial incluido reubicación (en el largo plazo). Problemas especialmente por erosión fluvial (ríos dinámicos)	50 edificios/casas
Pianguita (Buenaventura, Valle del Cauca)	Planeación espacial incluido reubicación (en el largo plazo)	50 edificios/casas

Tabla 1-3: (Continuación)

Ubicación (Municipio, Departamento)	Medida(s) propuesta(s)	Orden de magnitud de los costos y/o magnitud de reubicación
Bocana-Bazan (Buenaventura, Valle del Cauca)	Planeación espacial incluido reubicación (en el largo plazo)	100 edificios/casas
Punta Soldado (Buenaventura, Valle del Cauca)	Planeación espacial incluido reubicación (en el largo plazo)	50 edificios/casas

Fuente: Elaboración propia adaptada de (MADS et al., 2017)

Ante la problemática de erosión costera que está directamente relacionada con el ascenso del nivel del mar, las medidas de prevención, mitigación y control de la erosión, descritas en el Plan Maestro de Erosión Costera, se enmarcan en “Construir con la naturaleza”, incluyendo tres medidas como: la ingeniería dura, la restauración de sistemas naturales y las medidas no estructurales, que se retomaran en el capítulo relacionado con los efectos del ascenso del nivel medio del mar y las alternativas y soluciones (MADS et al., 2017).

### 1.1.2 Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias y su zona insular

El Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias, es la capital del departamento de Bolívar. La ciudad fue fundada el 1 de junio de 1533 por Don Pedro de Heredia, y con los años, por su ubicación estratégica, se convertiría en uno de los puertos americanos más importantes de la época colonial, desde allí se enviaban metales preciosos y se recibían provisiones, entre ellas los esclavos. El puerto era propenso a las invasiones de otros reinos razón que llevo a la Corona Española a construir un cordón amurallado con piedras coralinas que hoy rodean el centro histórico de la ciudad (Alcaldía de Cartagena de Indias et al., 2014).

Fue declarada en 1984 Patrimonio Histórico de la Humanidad por la Unesco, y como distrito está compuesto por islas, penínsulas y cuerpos de agua, que dan cuenta de su área insular y continental, tiene 697,24 km<sup>2</sup> donde el 87,45% corresponde a su área rural y el 12,55% al área urbana, áreas que están divididas en tres localidades que agrupan las

Unidades Comuneras de Gobierno (Tabla 1-4), la parte insular pertenece a la Localidad Histórica y del Caribe Norte, islas que, exceptuando la isla de Tierrabomba, a su vez conforman el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB), que con Isla Fuerte y Barú forman el Área Marina Protegida (AMP) de los Archipiélagos del Rosario y San Bernardo (Alcaldía de Cartagena de Indias et al., 2014).

Tabla 1-4: Localidades político-administrativas del distrito de Cartagena de Indias

Descripción	Localidad 1. Histórica y del Caribe Norte	Localidad 2. De la Virgen y Turística	Localidad 3. Industrial de la Bahía
Área	17.452,97 ha (27,7%)	37.102,67 ha (58,9%)	8.438,12 ha (13,4%)
Unidades Comuneras de Gobierno Urbanas	1, 2, 3, 8, 9 y 10 (74 barrios)	4, 5, 6 y 7 (45 barrios)	11, 12, 13, 14 y 15 (68 barrios)
Unidades Comuneras de Gobierno Rurales	Tierrabomba, Bocachica, caño del Oro, isla Fuerte, islas del Rosario, Santana, Barú, <b>islas de San Bernardo.</b>	Arroyo Grande, Pontezuela, La Boquilla, Punta Canoa, Arroyo de Piedra, Bayunca.	Pasacaballos.

Fuente: Adaptada de (Alcaldía de Cartagena de Indias et al., 2014).

Cartagena se encuentra dentro de las tres ciudades más importantes del Caribe en Colombia, por los grupos sociales, la infraestructura y las instituciones de gran importancia asociadas a la industria, el comercio y el turismo, sin embargo es una de las ciudades más desiguales del país, alberga 978.600<sup>19</sup> habitantes y la distribución por estratos socioeconómicos es la siguiente: en el área rural se encuentra el 12,3% de la población (el 4,4% de esta población se ubica en Isla Fuerte y el Islote de Santa Cruz), en los estratos bajos (1 y 2) el 60, 3%, en los estratos medios (3 y 4) el 23,5% y en los estratos altos (5 y 6) el 3,9%;, las personas más pobres que pertenecen al 70,6% de los habitantes, se han desplazado a las zonas de riesgo, como las islas (Figura 1-6) o se ubican en cercanías a la ciénaga de la Virgen (Alcaldía de Cartagena de Indias et al., 2014).

<sup>19</sup> Número calculado para el año 2014.

Según la Alcaldía de Cartagena de Indias et al. (2014) citando a Andrade (2002), y Restrepo y López (2008), las variaciones en el nivel del mar para la ciudad estuvieron entre 15 y 22 cm de aumento durante los últimos 100 años, además pueden esperarse incrementos de 2 a 5 mm/año, con tasas exponenciales que pueden representar un ascenso del nivel del mar entre 80 cm y 1 m para el año 2100 (Alcaldía de Cartagena de Indias et al., 2014).

Figura 1-6: Cartagena Insular.



Fuente: (Alcaldía de Cartagena de Indias et al., 2014)

Para el área insular los lineamientos propuestos por la Alcaldía de Cartagena de Indias et al. (2014), incluyeron un escenario de aumento del nivel del mar en 16 cm para el año 2040, un promedio que realizaron las instituciones a partir del escenario con RCP2,6 propuesto por el IPCC (2013a) en su quinto informe y descrito anteriormente<sup>20</sup>.

La zona de influencia donde se encuentra el área de estudio (Isla Múcura) es el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y de San Bernardo (PNNCRSB), ocupa un área aproximadamente de 120000 has, que inicia en el sector de Punta Gigante (Barú) cerca de Cartagena y termina a 35 km de la ciudad de Santiago de Tolú. Adscrito al parque está el archipiélago de San Bernardo conformado por 10 islas con un área total de 21330 has de las cuales 408,7 has son terrenos emergidos, siendo Tintipán la de mayor extensión con 315,6 has (Tabla 1-5) (Niño & Posada, 2015).

El archipiélago se ubica entre los 75° 47" y 75°50" de longitud oeste al frente del departamento de Sucre. Según Duque y Gómez citados por Niño y Posada (2015), las islas que lo conforman son producto del diapirismo de lodos, sobre los que se formaron antiguos arrecifes coralinos durante la última transgresión marina y que hoy están situados por encima del nivel del mar. Pertenece a la Unidad Ambiental Costera Estuarina del río Sinú y el golfo de Morrosquillo (Niño & Posada, 2015).

Tabla 1-5: Extensión de las 10 islas que conforman el Archipiélago de San Bernardo.

No	Isla	Área (ha)	Área %
1	Boquerón	12.33	3.01%
2	Palma	28.55	6.98%
3	Panda	3.02	0.74%
4	Mangle	3.87	0.95%

<sup>20</sup> Sin embargo, después de la consulta de varias tasas descritas en este capítulo se tomarán como escenarios: un posible ascenso de 50 cm y de 1 m, que corresponden a los incrementos máximos en el RCP2,6 (ascenso entre 0,26 m y 0,55 m) y el RCP8,5 (ascenso entre 0,45 y 0,82 m), este último se aproxima a 1 m, como la mayoría de los escenarios calculados para el país y por facilidad para el trabajo de percepción con la comunidad.

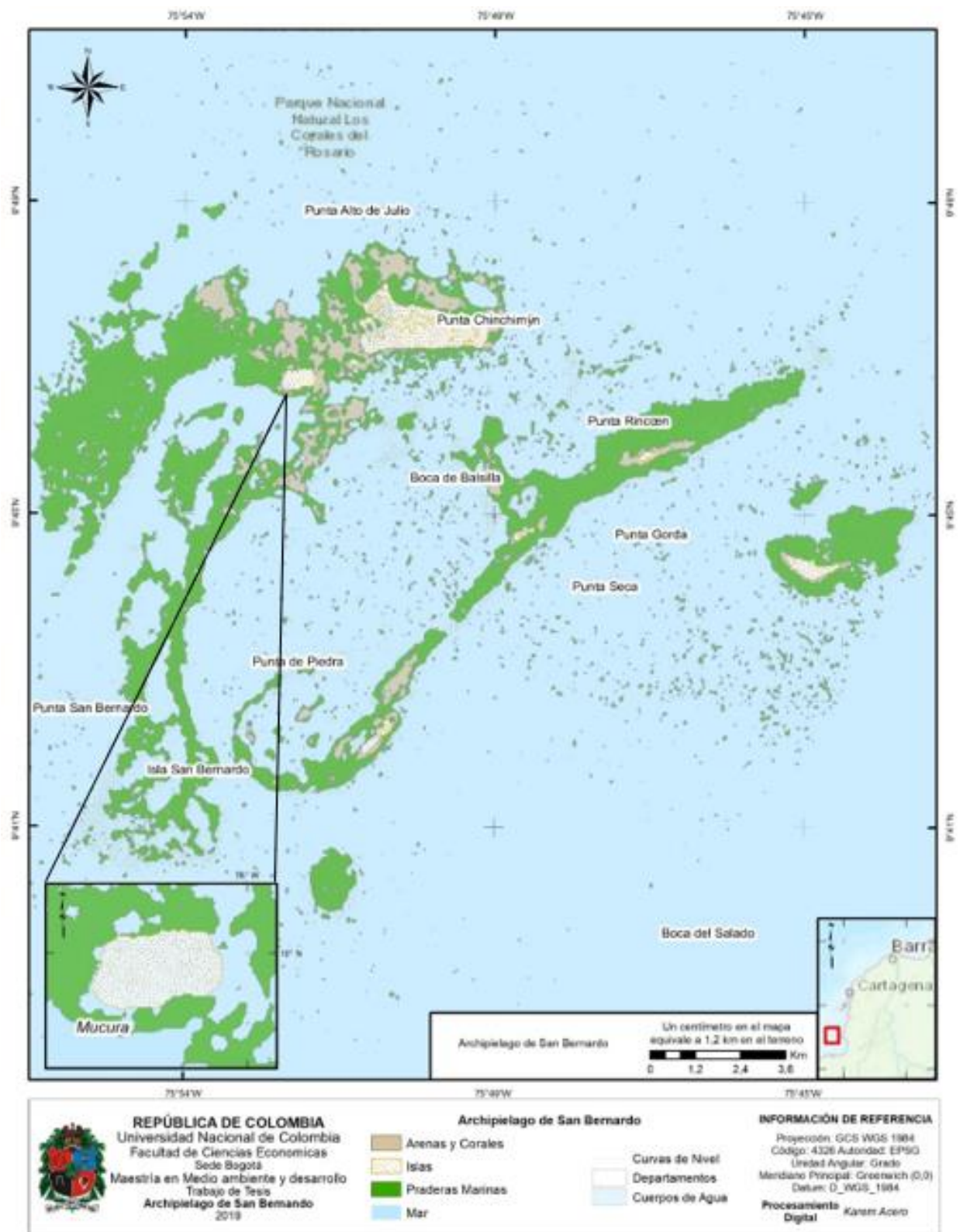
Tabla 1-6: (Continuación)

No	Isla	Área (ha)	Área %
5	Ceycén	12.58	3.08%
6	Cabruna	0.45	0.11%
7	Tintipán	315.65	77.23%
8	Maravilla	0.02	0.005%
9	Múcura	30.94	7.57%
10	Islote	1.27	0.32%

Fuente: Elaboración propia adaptada de Niño & Posada (2015).

En el archipiélago se encuentra la comunidad de Santa Cruz del Islote, el lugar más densamente poblado por m<sup>2</sup> en el mundo, donde habitan 540 personas aproximadamente, en su mayoría afrodescendientes con la categoría de residentes permanentes. Al ser un destino turístico del país existe una población flotante que por lo general son familiares de los residentes, entre 100 y 200 personas, con una población total cercana a las 800 personas. Esta colectividad negra fue reconocida en el año 2011 como Consejo Comunitario por la Alcaldía Mayor de Cartagena. A parte de esta isla artificial, existen en el archipiélago otras islas habitadas permanentemente que pueden ser vulnerables al ascenso del nivel del mar como Isla Múcura y Tintipán, donde se encuentran algunos pobladores; como el caserío antiguo Chupumdún, al sur de Múcura, con 200 residentes, y en la Isla Ceycén donde habitan temporalmente algunos pescadores que comercializan sus productos, que junto al turismo son las actividades económicas de la zona. El archipiélago se encuentra en riesgo por el aumento progresivo del mar, donde se generan vulnerabilidades en los sistemas naturales, sociales y económicos (Figura 1-7) (Niño & Posada, 2015).

Figura 1-7: Archipiélago de San Bernardo



Fuente: Elaboración propia



Según el INVEMAR y MADS (2003), estudios con las estaciones mareográficas de Cartagena y Panamá han logrado aproximarse a tasas de ascenso del nivel medio del mar en 2,01 y 3.8 m/año, sin embargo son datos muy cortos del nivel del mar lo que implica realizar estudios a profundidad de datos históricos, arqueológicos o geológicos, por esta razón y por la falta de información a nivel nacional, se proyectaron dos escenarios de ascenso para el estudio realizado con el programa Holandés de asistencia para estudios climáticos, un escenario de ascenso con 30 cm de aumento del nivel del mar para el año 2030 y de 1 m de ascenso en el año 2100, el último escenario permite hacer comparaciones globales porque es la tasa calculada a nivel global como se ha mostrado a través del documento. Para el trabajo se contemplarán dos escenarios, uno de 50 cm hacia el año 2050 y de 1 m al año 2100<sup>21</sup>, teniendo en cuenta que la escala de la información y la inexistencia de un mareógrafo<sup>22</sup> en el archipiélago no permiten realizar el cálculo de una tasa anual.

Es así como ascensos de esta magnitud pueden generar fuertes cambios sobre las islas del archipiélago, según el INVEMAR y MADS (2003), la aplicación más sencilla de la regla de Brunn, referida a que por cada 1 cm de ascenso, puede darse el retroceso de un metro en el perfil litoral. Situación que puede agravarse en islas medianamente deprimidas frente a la línea de costa, donde además de la pérdida de terreno por ascenso y erosión, se sumarían los procesos invernales. También, se presentarían daños en los litorales rocosos, que estén afectados por procesos estructurales y/o que estén formados por rocas blandas como sucede en el PNNCRSA (Niño & Posada, 2015).

---

<sup>21</sup> Los escenarios de 50 cm y 1 m responden a los calculados con RCP 2.6 y RCP 8.5 del IPCC.

<sup>22</sup> No existe un mareógrafo en el archipiélago que permita consultar las series de ascenso del nivel medio del mar. Los más cercanos se encuentran en Cartagena y Coveñas, que siendo parte del continente se comportan diferente a las áreas insulares.

## **2. Servicios Ecosistémicos**

Actualmente la biodiversidad adquiere un papel fundamental para las comunidades humanas. Su importancia se concibe al determinar la relación ecosistema-cultura, donde la existencia de la humanidad tiene como base los ecosistemas que son apropiados y transformados en una relación bidireccional construida en la naturaleza. Los beneficios que los ecosistemas brindan a la sociedad y que son la base de su supervivencia, se conocen como servicios ecosistémicos (MADS, 2012).

Los bienes ambientales que desde una mirada antropocéntrica prolongan la existencia de los seres humanos, se ven afectados por diferentes procesos, actividades extractivas minero energéticas (minas a cielo abierto de carbón, pozos petroleros etc.), monocultivos y fenómenos naturales como tsunamis, terremotos, inundaciones, huracanes o fenómenos progresivos generados por el calentamiento global como el ascenso del nivel medio del mar. Todos ellos generan pérdidas en los servicios ecosistémicos, por ejemplo, la inundación de diferentes coberturas de la tierra generará diversas pérdidas, erosión costera, pérdida de playas, salinización de suelos, etc. que se materializan con la pérdida de servicios ecosistémicos.

### **2.1 Que son los servicios ecosistémicos desde diferentes enfoques**

Las definiciones y clasificaciones de los servicios ecosistémicos han variado con el tiempo. El auge del término empezó a partir de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (EEA), iniciativa que generó una evaluación integrada referente a los cambios y la degradación de los ecosistemas, además de analizar las posibilidades para fortalecer la conservación de los mismos y así contribuir a preservar la existencia de las sociedades (A. Rincón et al., 2014). A partir de la Evaluación se impulsaron las investigaciones en este campo y se

definieron los Servicios Ecosistémicos (SE) como “los beneficios que obtienen las personas de los ecosistemas”, un término genérico que buscaba adaptar la ciencia a las políticas públicas donde los aportes más importantes de la EEM fueron la clasificación de los servicios, los trade-offs y la valoración de los servicios no solo en términos económicos.

Los servicios ecosistémicos nacen por la necesidad de combatir la ceguera de los políticos respecto a la importancia de los ecosistemas, sin embargo, desde Platón ya se hablaba sobre el valor de la naturaleza para el bienestar humano, y los conservacionistas preocupados por la extinción de las especies serían los primeros en usar el término en el libro titulado "Extinction: causes and consequences of the disappearance of species" y publicado por Ehrlich y Ehrlich en 1981 (Danley & Widmark, 2016). Además, durante 15 años hasta la EEM, los estudios apuntaron siempre a la importancia de la conservación para preservar el bienestar de la humanidad a través de los SE. Después de la EEA, surge la Evaluación Nacional de Ecosistemas del Milenio del Reino Unido (EEM-UK).

Los enfoques de los servicios ecosistémicos varían dependiendo de la concepción de cada ciencia (Tabla 2-1), es así como desde las ciencias ecológicas o biológicas los servicios ecosistémicos -se refieren a procesos ecológicos que directa o indirectamente representan un bienestar para el ser humano, son la base para la existencia del mismo y la posibilidad de que se mantengan en el tiempo está determinada por la protección de la biodiversidad, como se expone en la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos en adelante PNGIBSE, que busca la resiliencia de los sistemas socioecológicos a escala nacional, regional, local y transfronteriza para el país (MADS, 2012).

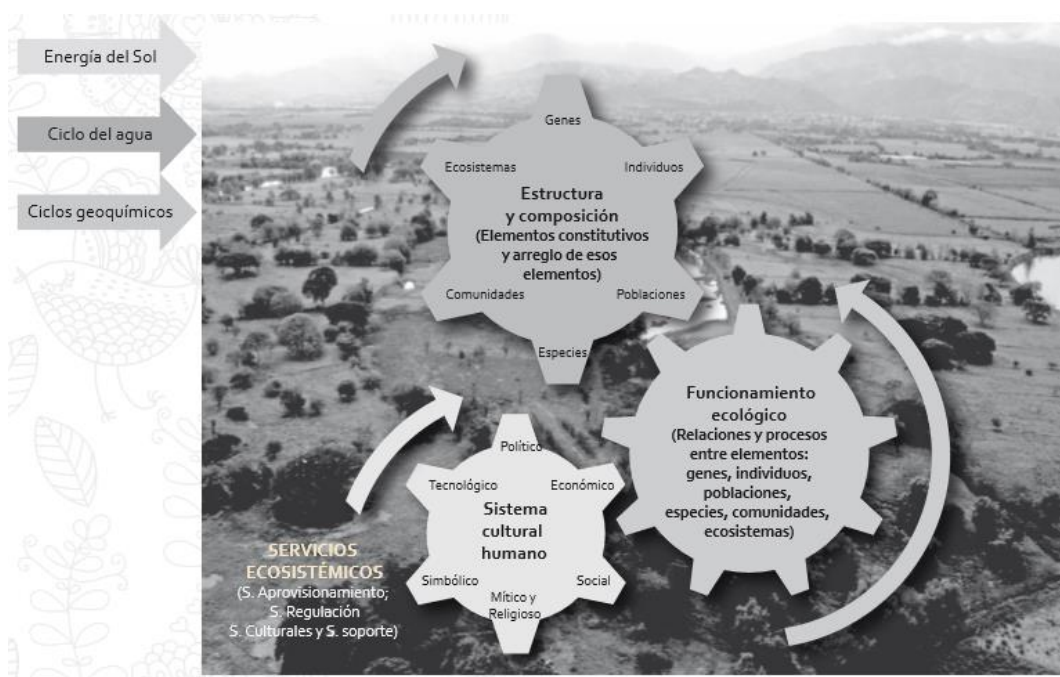
Tabla 2-1: Diferentes enfoques de los servicios ecosistémicos.

Concepción de SE	Ejemplos de definiciones específicas
Ciencias naturales: los procesos internos de la naturaleza crean la posibilidad de bienestar humano.	<p>"Condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que los componen, sostienen y llenan la vida humana" (Daily, 1997, p.3).</p> <p>"La capacidad de los procesos y componentes naturales para proporcionar los bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas, directa o indirectamente" (de Groot et al., 2002 énfasis añadido).</p> <p>"El punto en el cual el activo [de la naturaleza] es consumido por uno o más humanos es el punto donde el servicio ocurre y debe ser evaluado" (Wallace, 2007, p.240). SE son los bienes y servicios finales del medio ambiente (Wallace, 2007).</p>
Híbrido Ecología-Economía: vinculando la estructura y los procesos de la naturaleza para beneficiar la creación.	<p>SE son los mecanismos de entrega entre el mundo natural y los beneficios que proporcionan a las personas. "Los servicios deben ser fenómenos ecológicos" (Fisher et al., 2008, p.645), no bienes físicos, y "típicamente requieren otras formas de capital para realizar estos beneficios" (Fisher et al., 2008, página 646).</p> <p>"Los resultados de los ecosistemas (ya sean naturales, seminaturales o altamente modificados) que afectan más directamente el bienestar de las personas ... una característica fundamental es que ellos [SE] mantienen una conexión con las funciones, los procesos y las estructuras subyacentes del ecosistema que los generan" (Haines-young y Potschin, 2013, p. i).</p>
Economía: capital natural.	"El flujo de los servicios actuales finales" (Boyd y Banzhaf, 2007, p.618) resultantes de "cosas o características ecológicas, no funciones o procesos" (Boyd y Banzhaf, 2007) en la naturaleza.
Generalización: para audiencias públicas y políticas.	Este grupo se basa principalmente en la definición original de EEM, "los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas" (Millennium Ecosystem Assessment, 2005 V) y a menudo incluye procesos que son indirectamente beneficiosos para los humanos (Burke et al., 2015; SOU, 2013, TEEB, 2010).

Fuente: Elaboración adaptada de Danley & Widmark (2016).

La Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos, en adelante PNGIBSE, define la biodiversidad, como un sistema que además de tener una estructura ecológica y organizada desde los genes hasta los ecosistemas, tiene una relación interdependiente con los sistemas humanos a través de beneficios (servicios ecosistémicos), que son fundamentales para el desarrollo de las dimensiones políticas, sociales, simbólicas, económicas, tecnológicas, y religiosas; un sistema que existe gracias a su interacción con otros sistemas como la energía del sol, los ciclos geoquímicos y el ciclo hidrológico (Figura 2-1) (MADS, 2012).

Figura 2-1: Los servicios ecosistémicos en la PNGIBSE.



Fuente: (MADS, 2012)

*“La biodiversidad tiene una expresión territorial concreta, en sus diferentes niveles de organización, desde genes hasta ecosistemas, los cuales tienen una composición, una estructura y un funcionamiento al interior de cada nivel y entre niveles; muchas de estas interacciones ecológicas complejas se expresan como servicios ecosistémicos, los cuales constituyen beneficios directos e indirectos que los seres humanos reciben de la biodiversidad (MADS, 2012)”.*

## 2.2 Clasificación de los servicios ecosistémicos

A partir de la descripción de los enfoques de servicios ecosistémicos se tomará la clasificación que presenta la Valoración Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos en adelante VIBSE (Tabla 2-2), propuesta por el Instituto Alexander Von Humboldt (Rincón et al., 2014). Allí se realiza un análisis de las clasificaciones propuestas desde la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (EEM), la Evaluación de Ecosistemas del Milenio del Reino Unido (EEM-UK) y la clasificación en la que se basa la metodología de la VIBSE.

En la EEM se estableció que la base biológica para la existencia de los servicios de regulación, provisión y los servicios culturales, serían los servicios de soporte, sin embargo, el Reino Unido con su Evaluación de Ecosistemas (EEM-UK), propondría dos categorías de servicios, los servicios intermedios que corresponden a los servicios de soporte y de regulación, que serán los que provean los servicios finales, como los servicios de provisión y los servicios culturales. Finalmente, después de los cambios en las evaluaciones, se presenta la visión que adopta la VIBSE (Tabla 2-2), donde la base está en la biodiversidad, los procesos y las funciones ecológicas, que son las que proveen los servicios de soporte, de regulación y culturales (Rincón et al., 2014).

Tabla 2-2: Servicios ecosistémicos a partir de la VIBSE

Servicio	Descripción	Ejemplos
Servicios de provisión	Hace referencia a los bienes y productos materiales que pueden obtenerse de los ecosistemas.	Maderas, alimentos, petróleo, carbón, gas, recursos genéticos, suelo, agua, leña, fibras.
Servicios de regulación y soporte	Aunque los servicios de soporte son los procesos ecológicos de base para la existencia de los demás servicios, para la VIBSE no es considerado como un servicio. Por el contrario, los servicios de regulación si lo son y hacen referencia a los beneficios que resultan de la autorregulación de los procesos ecosistémicos.	Mantenimiento de la calidad del aire, el control de la erosión, la purificación del agua (como servicios de regulación). Ciclo de nutrientes, formación de suelo, fotosíntesis, producción primaria, ciclo del agua (como servicios de soporte).
Servicios culturales	Se clasifican en los beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas.	Enriquecimiento espiritual, belleza escénica, inspiración artística e intelectual, recreación.

Fuente: Elaboración propia con la información de la VIBSE (Rincón et al., 2014).

## 2.3 Servicios ecosistémicos para Colombia

A partir de la PNGIBSE, se realiza una ejemplificación de los servicios ecosistémicos en Colombia (Tabla 2-3) que están directamente relacionados con las características ecosistémicas, culturales y biodiversas del país, que ocupa el primer lugar en orquídeas y aves, el segundo en riqueza de plantas, anfibios, mariposas y peces de agua dulce, el tercero en reptiles y especies de palmas, y el cuarto lugar en mamíferos (Figura 2-2) (MADS & PNUD, 2014).

Tabla 2-3: Servicios ecosistémicos en Colombia y algunos modos de vida asociados

Ecorregión	Grupo humano	Soporte	Regulación	Provisión	Culturales
Marino costero del Caribe y Caribe (continental)	Raizales de las áreas insulares.  Afrodescendiente en zonas costeras del continente.	Hábitat para especies pesqueras con base en el arrecife coralino, manglar, litorales rocosos y pastos marinos.	Protección frente al cambio del nivel del mar con base en bosque de manglar y arrecifes coralinos.	Proteína a partir de especies pesqueras; agua.	Identidad cultural asociada a los ambientes marinos; turismo. Aulas vivas de educación ambiental.
	Colonos de la Sierra Nevada de Santa Marta.	Suelos para agricultura y ganadería; ciclado de nutrientes.	Regulación climática e hidrológica con base en el bosque.	Provisión de alimentos cultivados; productos no maderables del bosque; agua.	Turismo Recreación y contemplación del paisaje.
	Indígenas pastores de zonas áridas y semiáridas.	Suelos para pastoreo de cabras.	Regulación climática e hidrológica en el bosque de ecosistemas secos.	Agua.	Identidad cultural asociada a los ambientes áridos.
	Grupos con ganadería extensiva.	Ciclado de nutrientes en suelos.	Regulación climática e hidrológica; control de erosión y remociones en masa.	Agua.	Identidad cultural asociada a las llanuras del Caribe y su dinámica. Festivales.

Tabla 2-3 (Continuación)

Ecorregión	Grupo humano	Soporte	Regulación	Provisión	Culturales
Andina	Grupos de la cultura anfibia de zonas ribereñas de la cuenca del Río Magdalena.	Hábitat para especies pesqueras.	Regulación climática e hidrológica con base en ecosistemas de páramo; control de erosión y remociones en masa con base en el bosque andino.	Proteína a partir de especies pesqueras.	Identidad cultural asociada a los pulsos de inundación del río.
	Grupos campesinos asociados con el cultivo de café (pequeña escala).	Formación de suelo y retención de humedad; ciclado de nutrientes; polinización.		Agua.	Cultura cafetera; turismo.
	Grupos campesinos de la región altoandina.	Formación de suelo y retención de humedad; ciclado de nutrientes; polinización.		Semillas; agua; leña.	Identidad cultural asociada a los ambientes de páramo de la alta montaña.
Marino costera del Pacífico	Afrodescendientes en zonas costeras de la selva húmeda tropical.	Hábitat para especies pesqueras; provisión de suelo para agricultura.	Regulación climática e hidrológica; control de erosión y remociones en masa.	Proteína a partir de especies pesqueras, agua.	Identidad cultural asociada al bosque húmedo y los ecosistemas marino-costeros.
Chocó (Pacífico)	Colonos campesinos	Formación de suelo y retención de humedad; ciclado de nutrientes; polinización.	Regulación climática e hidrológica; control de erosión y remociones en masa; protección frente al aumento del nivel del mar con base en el manglar.	Madera; leña; productos no maderables del bosque.	Turismo con base en la belleza escénica y procesos ecológicos (p. eje. Migraciones de mamíferos acuáticos y reptiles).
	Comunidades indígenas	Formación de suelo y retención de humedad; ciclado de nutrientes; polinización.	Regulación climática con base en el bosque.	Proteína a partir de especies pesqueras; agua.	Identidad cultural asociada a la dinámica del bosque húmedo.

Fuente: Elaboración propia a partir del V Informe de biodiversidad de Colombia (MADS y PNUD, 2014).



Es una clasificación general que sirve como guía para establecer los servicios ecosistémicos locales, que corresponden a beneficios ambientales que obtienen las comunidades de los ecosistemas en su territorio. El conocimiento de los servicios ecosistémicos locales sirve para evaluar su transformación y prever o generar acciones para sostenerlos en el tiempo, pues son la base de la existencia de la población en un lugar determinado.

Figura 2-2: Colombia y la biodiversidad en el mundo.



Fuente: (IAvH, 2019).

Sin embargo, la biodiversidad con la que cuenta el país a nivel ecosistémico, de flora, fauna y de comunidades y grupos étnicos, tiene amenazas permanentes en el territorio que generan como consecuencia la transformación, la degradación y la pérdida de servicios ecosistémicos.

### 2.3.1 Motores de transformación y pérdida de servicios ecosistémicos a nivel nacional<sup>24</sup>

Según la PNGBSE y los informes relacionados con la biodiversidad de Colombia, existen diferentes motores que llevan a la pérdida y/o transformación de los servicios ecosistémicos, así lo confirma el V Informe nacional de biodiversidad de Colombia, que fue presentado ante el Convenio de la Diversidad Biológica (CDB) (MADS & PNUD, 2014). Los motores de transformación son los siguientes (MADS, 2012):

- **Motor 1. Cambios en el uso del suelo:** que para la escala global generan transformación y pérdida de hábitats naturales. Para la escala nacional, los cambios de uso del suelo entre continental y acuático generan la ocupación y fragmentación de diferentes ecosistemas. Con acciones como la transformación directa de ecosistemas que implica la pérdida de ecosistemas naturales y seminaturales, como ejemplo están los rellenos de lagunas costeras para construcción o de Humedales para vivienda. También se encuentra la transformación de sistemas productivos de elementos y procesos de la biodiversidad, como el ciclo hidrobiológico transformado por represamientos y cambios de curso en el agua. Otros motores relacionados con el cambio del uso del suelo a nivel nacional son *los cultivos de uso ilícito* y la *infraestructura* que acentúa la degradación y deforestación del bosque natural.
- **Motor 2. Disminución, pérdida o degradación de elementos de los ecosistemas nativos y agroecosistemas:** En la escala global implica la sobreexplotación de suelos, como los monocultivos de Soja entre otros. En la escala nacional genera disminución de poblaciones de especies terrestres y

---

<sup>24</sup> Actualmente (2019) el Instituto Alexander von Humboldt está desarrollando el “Documento de alcance de la Evaluación Nacional de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos”, el capítulo 4 corresponde a los motores de transformación y pérdida de la biodiversidad, donde además de los motores citados, el documento busca evaluar los motores directos de transformación y pérdida de biodiversidad clasificados así: Ganadería, Agricultura, Minería e Hidrocarburos, Infraestructura de hidroeléctricas, Infraestructura de carreteras, Infraestructura de puertos fluviales y marítimos, Urbanización, Procesos extractivos e industriales vinculados con materiales de construcción, Turismo, Pesca y Acuicultura, Tráfico ilegal de flora y fauna y Especies exóticas y trasplantadas. Información consultada en: <http://humboldt.org.co/es/actualidad/item/1257-convocatoria-evaluacion-ipbes-colombia>.

marinas por sobreexplotación y pérdida de diversidad genética. Las principales actividades que caracterizan al motor 2 son la agroindustria, con la transformación de las sabanas tropicales con la participación de capital extranjero y la instalación de grandes empresas agroindustriales (palma, pastos y caña), impulsando la locomotora de la agricultura. La minería, con un aumento en los títulos para la extracción de carbón entre 2004 y 2007 en un 87%. Hacia el 2012 el país suscribió 9400 títulos mineros cubriendo 5,6 millones de has. La generación hidroeléctrica que genera pérdida en la biodiversidad por los cambios en el régimen hidrológico, afectando la migración de peces y transformando los planos de inundación de humedales y otros ecosistemas. La urbanización siendo la región andina la que concentra el 77,4% de la población, generando procesos de metropolización. La sobreexplotación de la pesca que como consecuencia actualmente está en decadencia, para 1972 la pesca en Colombia estaba en 83000 toneladas, para finales del 2010 solo se alcanzó el 25% de esa cantidad. Situación que está relacionada con la transformación del régimen hídrico y con los procesos de erosión costera en los ecosistemas marino-costeros que presentan una erosión del 23% para el Caribe y 25% para el Pacífico.

**Motor 3. Invasiones biológicas:** que generan los mismos efectos a escala global o nacional y se relaciona con la introducción y trasplante de especies como el Pez León en el Caribe y la introducción o liberación de organismos vivos modificados. En el país se registran 298 especies invasoras de flora y fauna, pero solo se han investigado 88, esta es la segunda causa a nivel mundial de pérdida de la biodiversidad, para el país los casos conocidos están en la Laguna de Sonso y la Laguna de Fúquene que afecto el almacenamiento de agua.

- **Motor 4. Contaminación y toxificación del agua:** A través de procesos como la eutrofización que genera la contaminación orgánica de aguas y suelos con N y P. La contaminación química en el aire, suelo o agua. Según la Contraloría General de la República (2012) la minería de carbón, de oro, la agricultura industrial, los asentamientos humanos y la ganadería son las principales causas de la contaminación y degradación del agua.

- ***Motor 5. Cambio climático:*** A través de variaciones en las variables del clima como la temperatura, la precipitación, genera fenómenos extremos como sequías, inviernos fuertes, marejadas, huracanes y tormentas tropicales que van degradando y transformando los ecosistemas de todo tipo, desde los que sirven de barreras protectoras como los arrecifes y el manglar, hasta los ecosistemas nevados que se transforman poco a poco por el deshielo. Para Colombia se presenta una disminución de eventos extremos de lluvia en los páramos con el aumento de temperatura de 1°C por década y las principales cuencas hidrográficas presentan tendencias decrecientes de 4 m<sup>3</sup>/s/año (MADS & PNUD, 2014).

## **3. La comunidad y los servicios ecosistémicos locales**

Los servicios ecosistémicos locales (SEL) para Isla Múcura, fueron identificados a partir de información secundaria, de entrevistas y talleres de cartografía participativa, que recogen el conocimiento local y de los ecosistemas que pueden encontrarse en la Isla. A continuación, se realiza una descripción del área de estudio, la metodología usada para identificar los SEL y finalmente cuál es la relación de la comunidad con los servicios ecosistémicos identificados. Posteriormente durante el cuarto capítulo se evidenciarán los efectos ambientales que se pueden generar sobre los servicios ecosistémicos por el aumento del nivel medio del mar.

### **3.1 Archipiélago de San Bernardo en el Caribe Insular Colombiano**

El archipiélago de San Bernardo junto al archipiélago de Nuestra Señora del Rosario conforman el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB), que con 120.000 ha alberga un conjunto de ecosistemas submarinos y comunidades, donde se encuentran corales, peces, crustáceos, erizos, entre otros, incluye cuatro islas emergidas, y cuenta con bosque seco tropical, lagunas costeras, bosques de manglar, litorales rocosos y praderas de fanerógamas bajo la jurisdicción del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias, con la ampliación del área en 1996, se incluyó el territorio submarino que separa los dos archipiélagos, incluyendo las islas Mangle y Maravilla (sumergida hoy en día) (PNNCRSB, 2006).

El archipiélago de San Bernardo se encuentra al noroccidente del país, en el golfo de Morrosquillo, a 35km de la ciudad de Tolú en el departamento de Sucre, entre los 75° 47''

y 75° 50" de longitud oeste, y lo conforman 9 islas naturales y una artificial<sup>25</sup>: Boquerón, Palma, Panda, Tintipán, Mangle, Cabruna, Ceycén, Maravilla (sumergida), Múcura (caso de estudio) y Santa Cruz del Islote (Isla artificial y la más densamente poblada por m<sup>2</sup> a nivel mundial). Son islas producto del diapirismo de lodos<sup>26</sup>, su extensión es de 408,69 ha; Tintipán resulta ser la más extensa con 315,6 ha. Las islas que lo conforman hacen parte de los bienes baldíos de la nación establecidos a través del código fiscal desde 1912 y que según la constitución política colombiana en el art. 63 son imprescriptibles, inembargables e inalienables, sin embargo, algunas áreas como las islas Palma y Boquerón no tienen estas características de tierras baldías (Niño y Posada, 2015, p.2-5).

Algunas islas del archipiélago se encuentran habitadas, según Niño y Posada (2015) , la mayoría de la población está en Santa Cruz del Islote donde viven cerca de 540 personas. Al sur de Isla Múcura se encuentra el caserío Chupumdún o Puerto Caracol, con 200 personas aproximadamente y en Ceycén habitan temporalmente algunos pescadores, que van por meses a pescar en el archipiélago y a comercializarlo desde allí. Tintipán, isla cubierta por manglar en su mayoría, debido a la fuerte demanda y oferta turística, empieza a recibir a extranjeros y gente del interior, que han ocupado poco a poco algunas zonas de manglar.<sup>27</sup>

En este rincón insular del país, los servicios públicos son escasos, actualmente se cuenta con el servicio de energía eléctrica, que en el Islote es gracias al panel solar instalado por el Ministerio de Minas y Energía y el Instituto de Planificación y Soluciones Energéticas (IPSE)<sup>28</sup> para las zonas no conectadas, para Múcura existe una planta eléctrica y unos

---

<sup>25</sup> Según Duque y Torres (2011) Santa Cruz del Islote está construida sobre coral reforzado con concha de caracol, piedra coralina y residuos sólidos, por esta razón en algunos textos se caracteriza como una Isla artificial por las modificaciones antrópicas realizadas constantemente.

<sup>26</sup> Asociado al diapirismo arcillo-lodoso asociado al Cinturón del Sinú.

<sup>27</sup> Tintipán, aunque es la Isla más grande del archipiélago es la isla que provee de una buena cantidad de servicios ecosistémicos a las islas adyacentes como Múcura y Santa Cruz del Islote, en visitas de campo se pudo corroborar la transformación de la isla desde el 2012, con la tala de manglar se han creado playas nuevas para los turistas, porque en Múcura la playa "pública" ya no es suficiente para la cantidad de turistas pasa día que la visitan.

<sup>28</sup> El proyecto liderado por el Ministerio de Minas y Energía junto con el Instituto de Planificación y Soluciones Energéticas para las zonas no conectadas, beneficio a 3 islas de Cartagena que llevaban 50 años sin luz las 24 horas del día, las islas beneficiadas fueron Isla Fuerte, Santa Cruz del Islote e Isla Múcura, que empezaron a recibir energía gracias a los paneles solares instalados. Información tomada de: <https://www.catorce6.com/actualidad-ambiental/regionales/12302->

paneles solares que abastecen de algún modo el servicio, donde los habitantes del pueblo pagan cerca de 3.000 mil pesos diarios por la energía, dinero que es recolectado para abastecerse de agua dulce desde Cartagena, cuando las lluvias son escasas y el único pozo no es suficiente para la comunidad. La educación está a cargo del Centro Educativo Santa Cruz del Islote, que tiene una pequeña sede en Múcura, allí los cursos iban hasta noveno grado, para terminar los alumnos debían ir a Tolú o Cartagena, pero actualmente ya cuentan con la primera generación de egresados del último grado escolar, y respecto al servicio de salud, solo en Santa Cruz del Islote existe un puesto de salud que no cuenta con médico permanente<sup>29</sup>.

### 3.1.1 Características físicas del Archipiélago

El archipiélago de San Bernardo, tiene islas que corresponden a estructuras de alto relieve generadas por la deformación de la plataforma, gracias al diapirismo de lodos (actividad de antiguos volcanes de lodo) que empezó hace más de 5 millones de años (mioceno) y aún continua, con el descenso del nivel medio del mar hasta el actual, se generó la emersión de terrazas coralinas con una altura aproximada de 4.5 msnm, que posteriormente serían colonizadas por vegetación y manglares, creando ecosistemas que sirven de hábitat para diversos animales hoy en día (INVEMAR y MADS, 2012).

Compuesto por nueve islas de origen coralino y una artificial que es construida constantemente con conchas de caracol, cemento y escombros provenientes del coral por los habitantes del Islote. De la plataforma continental del país este es el sistema de bajos e islas más extenso, se caracteriza por tener una vegetación de bosque muy seco tropical que responde a las condiciones climáticas de esta zona, donde predomina el manglar y algunos cultivos de pancoger como el coco y algunos árboles frutales (Díaz et al., 2000).

Con diferentes ecosistemas y geofomas, que condicionan la gran variedad de especies tanto de flora y fauna que allí se encuentran, a continuación, se describirá de modo general, los ecosistemas más importantes del archipiélago que son valores objeto de conservación

---

despues-de-50-anos-1-000-familias-de-islas-de-cartagena-ya-cuentan-con-energia-a-partir-de-luz-solar.

<sup>29</sup> Información obtenida en campo.

y que servirán posteriormente para identificar los servicios ecosistémicos y la relación que estos tienen con los pobladores respecto al área de estudio.

▪ **Los ecosistemas en el archipiélago**

En los dos archipiélagos que forman parte del PNNCRSB, se pueden encontrar 8 ecosistemas diferentes que muestran la gran biodiversidad que tiene el parque, además 7 de ellos fueron declarados valores objeto de conservación en el Plan de Manejo del PNNCRSB (Figura 3-1).

Figura 3-1: Valores objeto de conservación en el PNNCRSB



Fuente: Elaboración propia a partir de PNNCRSB (2006).

**Formaciones arrecifales coralinas:** Las formaciones arrecifales coralinas son porciones del paisaje marino que han sido moldeadas por diferentes procesos geomorfológicos y ecológicos, representan según PNNCRSB (2006) el ecosistema taxonómicamente más diverso, el más productivo del planeta, uno de los más frágiles y el biológicamente más complejo (Tabla 3-1).



Tabla 3-1: Arrecifes de coral-comunidades coralinas del Caribe Colombiano

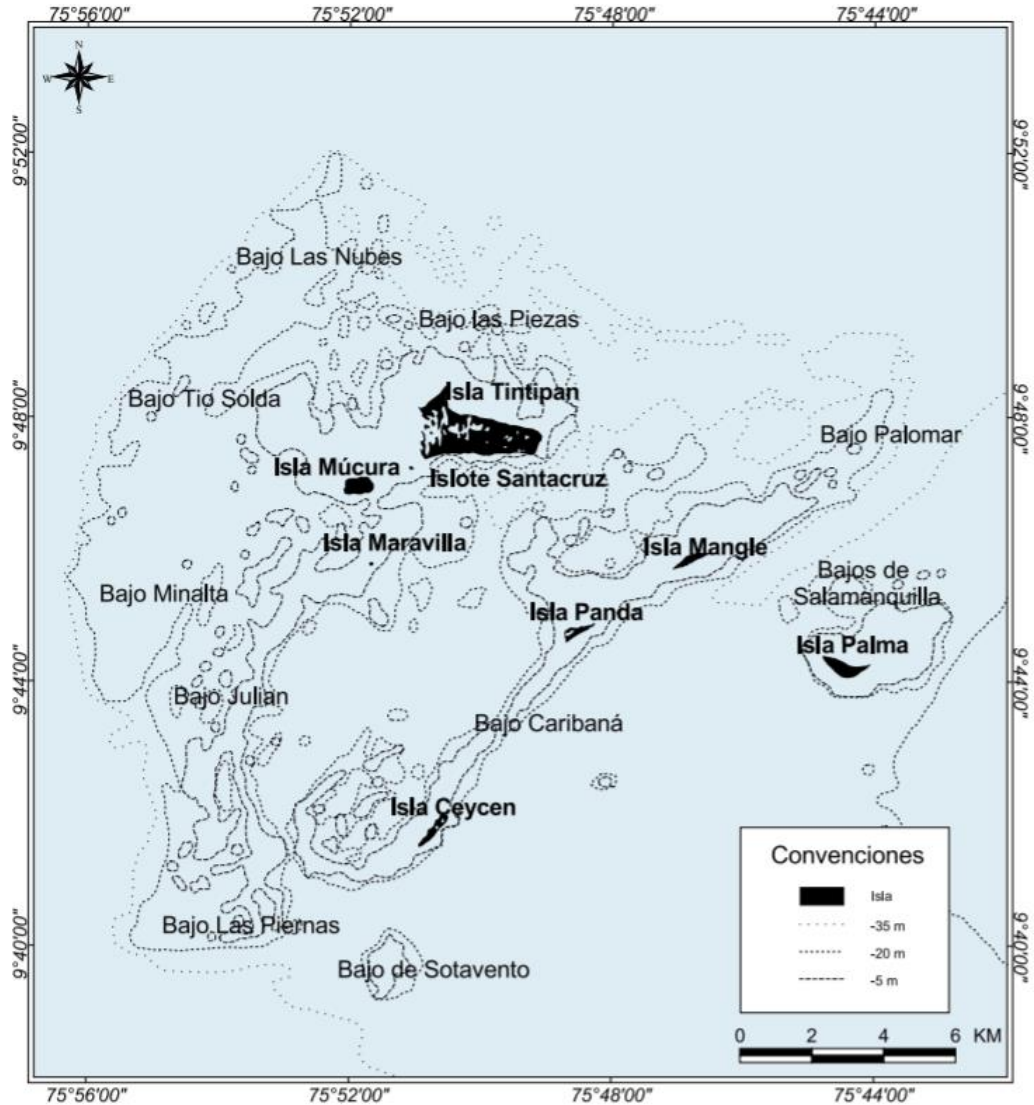
Áreas con arrecifes de coral-comunidades coralinas	Departamento	Número de especies	Cobertura de coral (%)
Urabá chocoano	Choco	32	17-69
Isla Fuerte y bajo Bushnell	Bolívar	33	0-68
Archipiélago de San Bernardo	Bolívar	42	6-49
Archipiélago del Rosario	Bolívar	53	7-81
Isla Arena	Bolívar	14	30-90
Banco de las Animas	Magdalena	1	--
Santa Marta y Parque Tayrona	Magdalena	54	0-54
Bahía Portete	Guajira	19	26-35

Fuente: Elaboración propia a partir del Plan de Manejo del PNNCRSB (2006).

El parque tiene la plataforma coralina más extensa del Caribe continental colombiano, con arrecifes franjeantes, de parche, tapetes coralinos y bancos, en el archipiélago de Nuestra Señora del Rosario y con la península de Barú, son 145,3 km<sup>2</sup> donde 67,7 km<sup>2</sup> son corales recientes o tienen una cobertura coralina viva significativa (INCODER & UJTL, 2014).

En San Bernardo los arrecifes tienen un área de 213,3 km<sup>2</sup> de las cuales 134,5 km<sup>2</sup> son formaciones coralinas recientes, aunque se distribuyen por todo el archipiélago los mayores desarrollos están en los flancos ubicados al norte y al oeste, allí se encuentran parches coralinos y arrecifes franjeantes que van hasta los 30m de profundidad. En el sector al norte y noroeste de Isla Mangle, al norte de Isla Tintipán y en el norte y oeste de los bajos de las Nubes, Minalta y Julián se encuentran las formaciones de coral más destacadas (PNNCRSB, 2006) (Figura 3-2).

Figura 3-2: Arrecifes de coral en el archipiélago de San Bernardo



Fuente: Díaz et al., (2000, p.109).

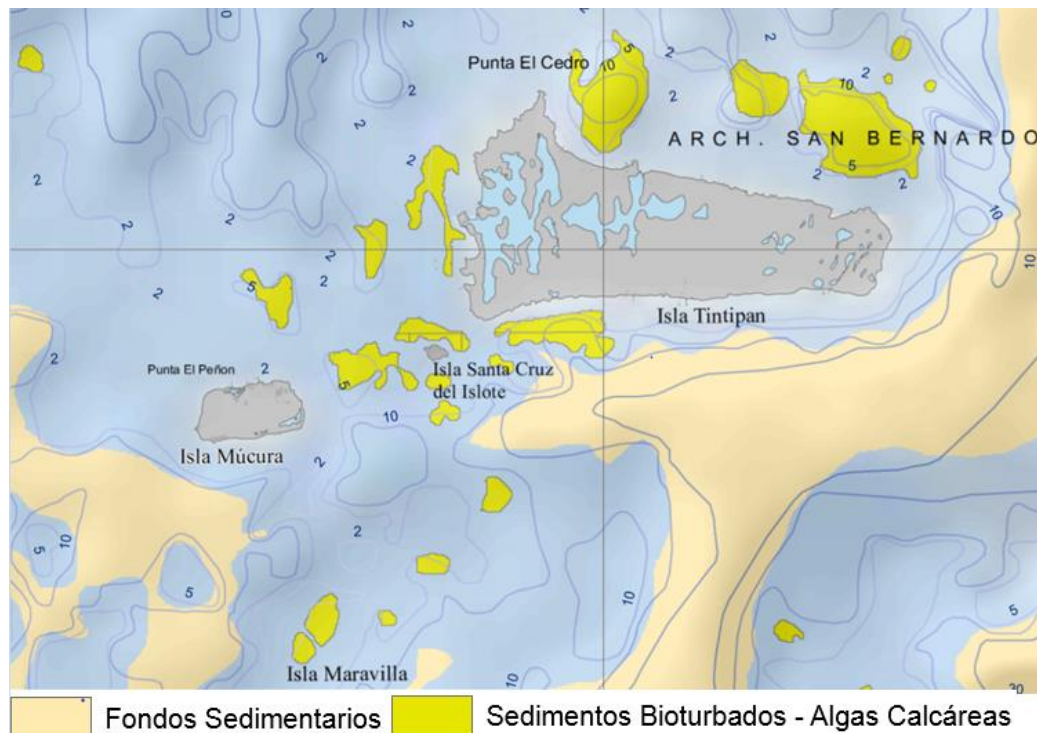
Por el contrario en el sector sotavento del Archipiélago, desde el sur (S) hasta el este (E), el desarrollo de formaciones coralinas es menor, existen mosaicos discontinuos de parches, corales dispersos en fondos arenosos y tapetes coralinos, algunos montículos coralinos monoespecíficos se encuentran cerca de Isla Múcura, Maravilla y Ceypén (Díaz et al., 2000)

Los arrecifes de coral por diferentes causas (calentamiento global, turismo descontrolado, sobrepesca) están siendo deteriorados poco a poco, factores negativos como las enfermedades de coral, la sobrepesca, la eutroficación entre otros, generan que el paisaje

submarino del archipiélago transite de coral a vegetal, como los corales pétreos que son desplazados por las algas (Díaz et al., 2000).

**Fondos blandos o sedimentarios:** Según PNNCRSB (2006) están por debajo de los 5 m en la zona infralitoral, hasta el punto de quiebre de la plataforma continental. Son sedimentos arenosos, areno-fangosos, fangosos y lodosos, donde habitan comunidades biológicas importantes, y se desarrollan organismos de importancia comercial como el camarón. En el Archipiélago de San Bernardo predominan las arenas y areno-lodosas, donde habitan grupos importantes para la pesca artesanal, como los crustáceos, moluscos, equinodermos, poliquetos y peces (Figura 3-3) (PNNCRSB, 2006).

Figura 3-3: Fondos blandos en el archipiélago de San Bernardo.



Fuente: Adaptado de (Romero & Niño, 2014)

Los fondos blandos ocupan aproximadamente 889.400 km<sup>2</sup>, excluyendo la zona intermareal de las playas y los fondos vegetados, y su importancia radica en el proceso de reciclaje de nutrientes, el control biológico, es fuente de materia prima y de la producción de alimentos, pueden estar constituidos por depósitos de arenas, limos, arcillas y restos orgánicos, en el archipiélago de Nuestra Señora del Rosario hay fondos arenosos en el

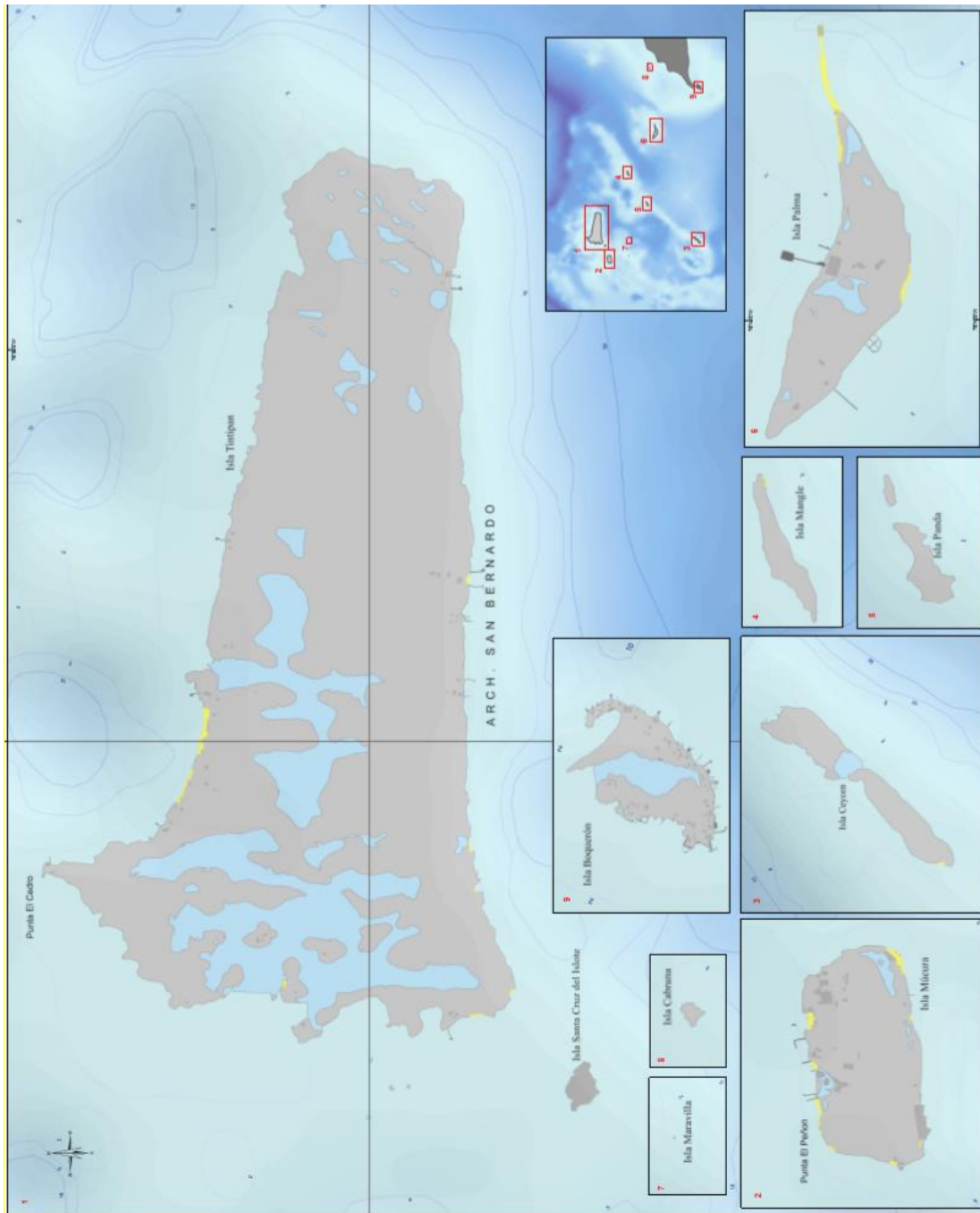
centro, al noreste los fondos son de tipo lodosos o lodo-arenosos al igual que al sur del archipiélago (INCODER & UJTL, 2014).

**Playas:** Las playas corresponden a los sedimentos acumulados no consolidados que fueron transportados a la costa por algún medio fluvial, se presentan en costas abiertas, estuarios, y desembocaduras de ríos, y se forman por el aporte de silicio desde el continente a través de los ríos, o por la erosión costera y aportes de carbonatos de esqueletos marinos, como sucede en el archipiélago, carbonatos que provienen de corales, algas calcáreas y moluscos; las playas son moldeadas por la acción de los vientos, las olas y las corrientes (PNNCRSB, 2006).

La fauna y la flora que se encuentra en las playas es diferente en cada zona, pues su composición y diversidad dependen de factores como la acción del oleaje y las mareas, la temperatura, la salinidad, la granulometría, porosidad y naturaleza de los sustratos que la compongan, la iluminación y el contenido de gases disueltos, sobre todo el oxígeno, aun así en la parte supralitoral (la zona más alta de la playa, recibe las pleamares) se pueden encontrar aves marinas ( gaviotas, pelícanos y cormoranes), cangrejos ermitaños, y es la zona de la playa donde se da la anidación de tortugas, en el mesolitoral (zona central de la playa que se mantiene húmeda) se pueden encontrar bivalvos (chipi-chipi) y gasterópodos, y en el infralitoral (la zona más baja de la playa) poliquetos, erizos cangrejos y moluscos (INCODER & UJTL, 2014).

Las playas más extensas en el archipiélago están en Isla Palma con 8.358,7 m<sup>2</sup> Tintipán con 4.971,8 m<sup>2</sup> y Múcura con 4.858,8 m<sup>2</sup>, las más pequeñas son las que se encuentran en Ceycén con 223,92 m<sup>2</sup> y en Mangle con 135,01 m<sup>2</sup> (Figura 3-4).

Figura 3-4: Playas en el archipiélago de San Bernardo



Fuente: (Romero & Niño, 2014)

El ecosistema de gran importancia para la anidación de tortugas es además hábitat de aves playeras, se encuentran crustáceos o moluscos, y sirven para la recreación de miles de turistas. En el archipiélago de San Bernardo las playas están en el noroeste y sureste

de la Isla Tintipán, en el norte de Isla Mangle, en el noreste de Isla Ceycén y al sureste de Isla Múcura (PNNCRSB, 2006).

La principal amenaza de las playas es la variabilidad morfológica dada por la erosión, que genera cambios abruptos en la amplitud de estas, y modifican procesos importantes como la anidación de tortugas que solo se ha presentado en Tintipán y en Isla Palma, algunos expertos como Rincón (2002) citado por PNNCRSB (2006), afirman que las únicas playas potenciales para la anidación de la tortuga Carey es punta Mate en Tintipán y Punta Noreste en Mangle, porque no tienen intervención antrópica y están deshabitadas (Tabla 3-2).

Tabla 3-2: Playas de anidación de tortugas carey.

Lugar	Especies presentes	Especies abundantes	Época de anidación	Playa actual de anidación	Playa histórica de anidación
Archipiélago del rosario	Dermochelys coricea Caretta	Chelonia mydas Eretmochelys Imbricata	Mayo- Agosto	Isla arena, Rosario y Tesoro	Playas de todas las islas del Rosario.
Archipiélago de san Bernardo				Playa al sureste de isla palma y parte norte de Tintipán	Playas de Isla Palma, Ceycén, Tintipán, punta mate, costado norte y punta sureste y Múcura (la punta y el cholo)
Isla Barú		Eretmochelys imbricata	Mayo- Agosto	Playa de punta gigante, playetas	Playas de Isla Barú
Santa Ana	Eretmochelys imbricata Chelonia mydas		Agosto		Playas de Isla Barú.

Fuente: Elaboración propia a partir de PNNCRSB (2006).

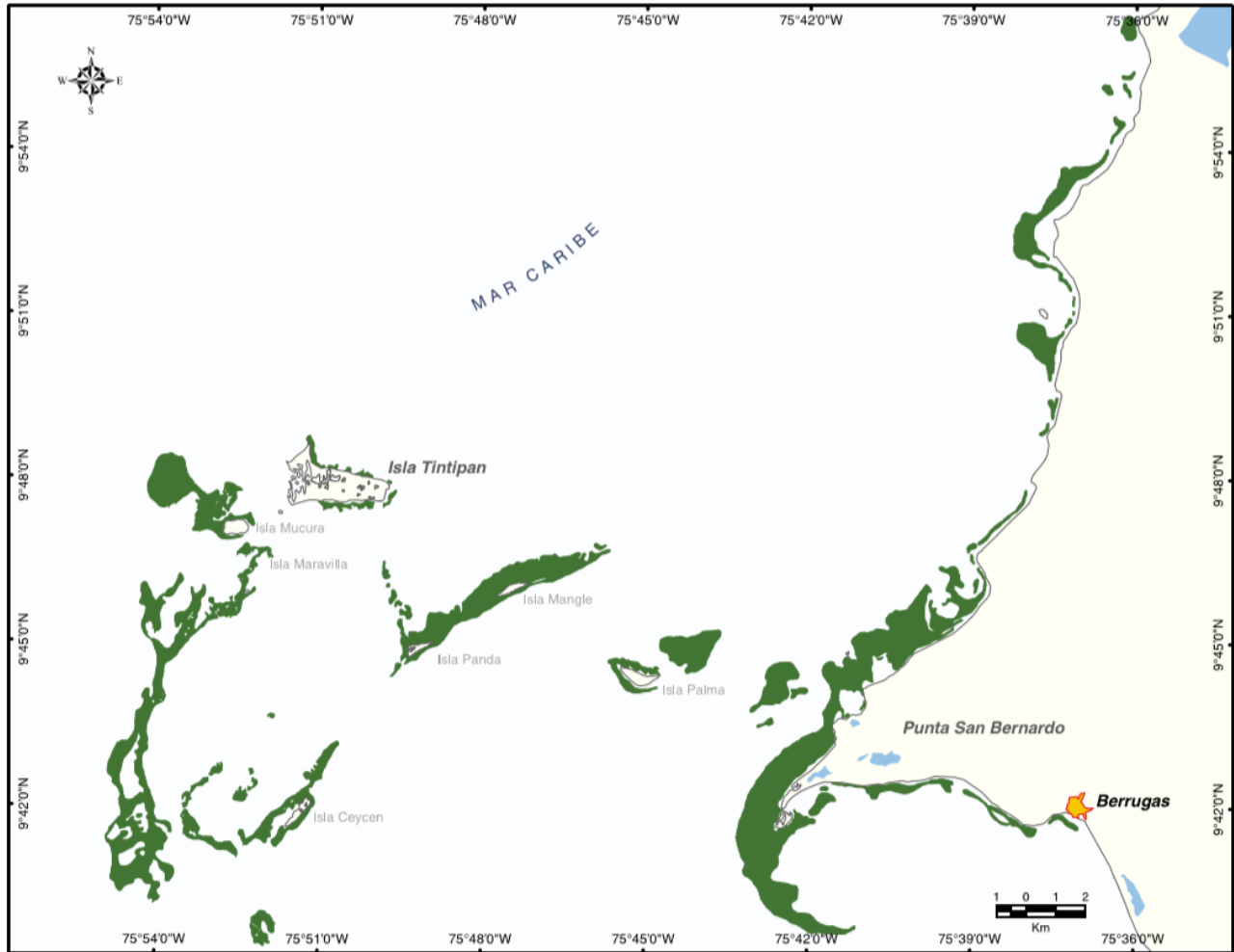
**Praderas de pastos marinos:** Las praderas de pastos marinos, son plantas con flores capacitadas para desarrollar todo su ciclo vital sumergidas en aguas salobres o salinas. Se encuentran en aguas someras que pueden ir hasta los 20 o 30 m de profundidad, pero

su mejor desarrollo se da en profundidades menores a los 10 m, en sustratos de arena, con aguas preferiblemente calmadas y bien iluminadas, como sucede en el archipiélago de San Bernardo (INCODER & UJTL, 2014).

Como ecosistema cumplen varias funciones ecológicas, entre ellas, la producción directa e indirecta de alimento, la recirculación de nutrientes, estabilización de sedimentos, sirven de refugio para varios peces en estado larval y juvenil (Díaz et al., 2000).

En algunas partes del Caribe colombiano según el INVEMAR (2003), son componentes dominantes del paisaje submarino, en el archipiélago existen 2443 ha de praderas de pastos marinos (Figura 3-5), un ecosistema donde se desarrollan estrellas, erizos, esponjas, algunos corales, y epifitos como las algas calcáreas, las algas rojas y está dominado por moluscos crustáceos y peces, una importante biodiversidad que le confiere el título como uno de los seis ecosistemas marino-costeros estratégicos del país, junto a los fondos sedimentarios (playas o ambientes de fondos blandos), las formaciones y arrecifes coralinos, manglares litorales rocosos y los estuarios (PNNCRSB, 2006).

Figura 3-5: Praderas de pastos marinos en el archipiélago de San Bernardo.



Fuente: (INVEMAR, 2003).

En el Caribe colombiano se presentan 5 especies que son la *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme*, *Halodule wrightii*, *Halophila baillonis* y *Halophila decipiens*, sin lugar a dudas es en el archipiélago de San Bernardo donde están las grandes extensiones de praderas que interconectan islas como los complejos Mangle-Panda-Ceycén (Figura 3-6) y Tintipán-Islole-Múcura y Maravilla, que con los arrecifes de coral y las llanuras de arena generan mosaicos, resguardando una gran diversidad de especies entre moluscos, esponjas y peces (INCODER & UJTL, 2014).





Una de las principales presiones que presenta este ecosistema es el aumento gradual de la temperatura superficial del mar, que genera la pérdida de las especies y con ello la disminución de la cobertura, el anclaje de las embarcaciones y la sobrepesca de especies como la tortuga verde, el caracol pala y la langosta, para alimentación o comercio (INCODER & UJTL, 2014)

**Litoral rocoso:** Es definido como el ecosistema donde habitan comunidades biológicas que se desarrollan sobre sustratos rocosos en interacción continua con las mareas. Se definen también como ecotonos y la frontera ecológica entre el mar y la tierra (INVEMAR, 2016). Forman acantilados sobre plataformas calcáreas emergidas por movimientos tectónicos de la corteza terrestre, por lo general presentan pendientes altas, razón por la que caen directamente al mar, formando costas altas, se encuentran recurrentemente en ambientes de alta energía que además determinan la flora y la fauna que componen los litorales de acuerdo con la zona donde se desarrollan (PNNCRSB, 2006).

Los litorales rocosos se dividen en tres zonas, la zona supra litoral que es el área de transición entre la tierra y el mar, limita con la vegetación terrestre en la parte superior y en el inferior con los cirrípedos (crustáceos), la zona mesolitoral con mareas activas que cubren y descubren el litoral continuamente y la zona infralitoral que empieza en la parte cubierta continuamente hasta la presencia del sustrato rocoso (PNNCRSB, 2006).

En el parque los litorales rocosos están conformados principalmente por rocas sedimentarias bioclásticas compuestas por corales fósiles, escombros y sedimentos calcáreos. Se pueden encontrar como geoformas en terrazas, acantilados y playas rocosas dependiendo de su pendiente, en el caso de los archipiélagos, los litorales rocosos están en forma de terrazas coralinas, que corresponden a geoformas planas elevadas hasta en 3 msnm (INCODER y UJTL, 2014).

En el archipiélago de San Bernardo se pueden encontrar dos tipos de niveles en los litorales rocosos en la isla Tintipán, un nivel superior de litoral constituido por restos de Porites porites, bivalvos y gasterópodos hacia el norte y occidente de la isla, que puede observarse con marea baja, y el nivel inferior hacia el suroccidente de la isla, litorales compuestos por restos de corales masivos y ramificados, también en el noroeste de Isla Múcura, existe un litoral rocoso coralino que forma un acantilado de 0 a 1.5 m de altura y que es erosionado constantemente por mareas y corrientes (PNNCRSB, 2006).

**Lagunas costeras e interiores (humedales costeros):** Según Kjerfve (1986) citado por (Zarza & Gómez, 2011) las lagunas costeras son:

“cuerpos de agua costeros, usualmente orientados de manera paralela a la costa, separados del océano por una barrera, pero conectados a éste por una o más entradas de agua que permanecen abiertas al menos intermitentemente, y con profundidades que raramente exceden unos pocos metros. Una laguna puede o no estar sujeta a la mezcla por mareas, y la salinidad puede variar desde aquella de un lago costero a una laguna hipersalina, dependiendo del balance hidrológico (p. 148)”

Estos ecosistemas se caracterizan por ofrecer servicios como la regulación de perturbaciones y desequilibrios, sirve de hábitat para diversidad de organismos, son las zonas de alimentación y crianza de peces e invertebrados marinos, congregan aves acuáticas y migratorias, pues allí consiguen grandes cantidades de alimento y encuentran sitios ideales para anidar, además son bellezas paisajísticas que llaman a la recreación y el esparcimiento. Pero en los archipiélagos también se presentan las lagunas interiores que según (Zarza & Gómez, 2011) son:

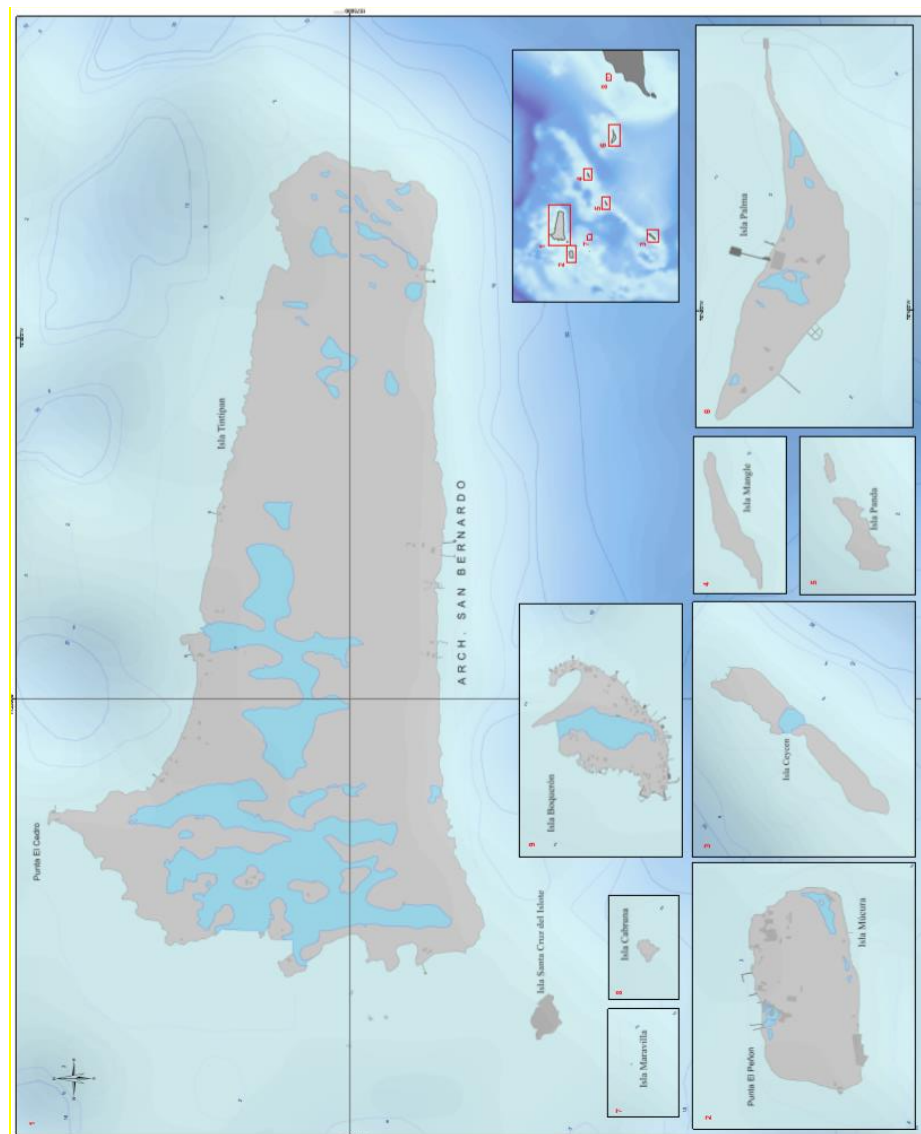
“cuerpos de agua ubicados en depresiones sobre terreno insular consolidado o entre vegetación interna de manglar, que no presentan un contacto superficial directo con las aguas marinas costeras pero que pueden tener una conexión con éste por medio de filtración a través de la matriz calcárea, conductos subterráneos o de manera esporádica por inundaciones de manglar, en cuyo caso la dirección del flujo puede ser bidireccional (p. 149)”

La importancia de las lagunas interiores radica en el almacenamiento de agua dulce para la población donde el recurso es escaso, como en el archipiélago de San Bernardo, también es un hábitat interesante para la especiación de fauna acuática y con ella el posible nacimiento de especies endémicas, se identificaron 11 lagunas interiores en Isla Rosario y 25 entre isla Grande y Tintipán además de algunas charcas de marea en isla Tesoro y los característicos pozos en isla Múcura (Zarza & Gómez, 2011).

En el archipiélago de San Bernardo se encontraron (Figura 3-7) 4 lagunas costeras y 16 interiores para la Isla de Tintipán, siendo la laguna Salsipuedes, la de mayor extensión, está estrechamente relacionada con el mar, sus orillas están rodeadas por mangle

colorado, los bordes de esta laguna pueden llegar hasta los 4 m de profundidad, que junto a las raíces del mangle colorado aguarda bancos de ostras, cangrejos, reptiles y se convierte en un ecosistema vital para anidar las sala cunas de peces arrecifales. En Isla Ceycén se encontraban dos lagunas costeras, sin embargo, la tala de manglar junto a los procesos erosivos se rompió la barra de sedimentos dejando la isla dividida en dos, finalmente para Isla Múcura encontraron dos lagunas costeras y tres cuerpos de agua, los pozos que proveen de agua dulce a la población (Zarza & Gómez, 2011).

Figura 3-7: Mapa de las lagunas costeras del archipiélago de San Bernardo



Fuente: (Niño & Posada, 2015).

Tintipán es la isla principal del mapa (1) con 60.989 ha de lagunas costeras, Múcura (2) con 1.278 ha y Ceycén con 1.505 ha.

En el fondo de las lagunas fue posible identificar especies de equinodermos como la estrella de mar, el erizo blanco, y el coral rosa, con fondos cubiertos por praderas de pastos marinos, en los fondos arenoso algunas especies de jaibas, caracol copey y en la laguna interior de Isla Múcura la medusa Cassiopea sp, entre otras especies se encontraron el caracol cebra, el gusano de fuego, estrellas serpiente, y camarones. Respecto a juveniles de especies encontrados por su importancia económica y nutricional es clave mencionar los pargos, el mero, la picúa y la cojinúa (Zarza & Gómez, 2011).

En Tintipán se encuentra entre los invertebrados la proliferación de medusas (*Aurelia aurita*) que en algunas épocas del año se presenta en densidades muy altas, se desconoce la temporalidad del evento o sus causas (Zarza & Gómez, 2011), sin embargo, es un fenómeno importante para el ecoturismo nocturno en Isla Múcura<sup>30</sup>.

**Bosque de manglar:** En cuanto a flora y fauna son ecosistemas altamente productivos, asociados a las lagunas costeras, solo dos terceras partes de la población de peces tropicales en el mundo dependen de los manglares y los detritos que ellos exportan (PNNCRSB, 2006). Los bosques de manglar que se encuentran en el archipiélago de San Bernardo presentan las 4 variedades de mangle del caribe en Colombia, el mangle rojo, el mangle amarillo, el mangle bobo o zaragoza y el mangle negro, están en 5 islas, en Múcura las variedades *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *A. germinans* (mangle negro) y *Laguncularia racemosa* (mangle bobo), en Ceycén donde la cobertura dominante es el manglar, se presentan las mismas especies con alturas desde los 18 cm hasta los 12 m, para Panda se destaca el *R. mangle* (mangle rojo) con alturas de 8 m y algunos arbustos de *C. erecta* y *L. racemosa*, en Tintipán el borde de la isla tiene franjas externas de mangle rojo, seguidas por el mangle blanco, la *C. erecta* y algunos individuos de mangle negro (INCODER & UJTL, 2014).

La extensión de manglar en hectáreas, de mayor a menor en las islas del archipiélago es la siguiente: Tintipán (19,67), Palma (0,93), Ceycén (0,87), Cabruna (0,75), Mangle (todo su territorio es manglar - 0,39), Múcura (0,36), Panda (0,15) y Maravilla que según las

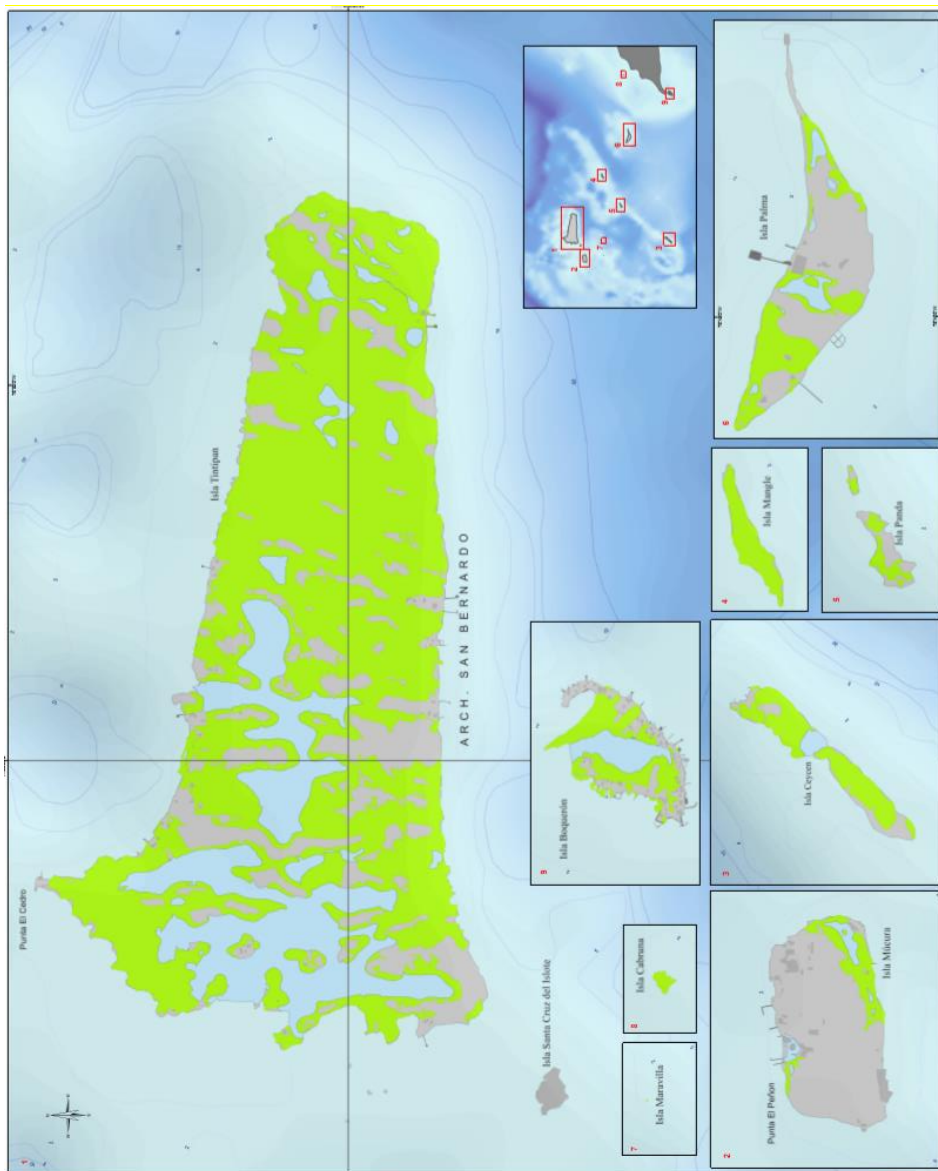
---

<sup>30</sup> Durante las salidas de campo fue posible observar el fenómeno en el mes de mayo.

cartografías para el 2014 tenía (0,002), hoy la isla ya no existe (Figura 3-8) (Romero & Niño, 2014).

Es uno de los ecosistemas más frágiles y amenazados por la tala excesiva para construcción de playas artificiales, espolones, y muelles. Además, la sobrepesca, la contaminación del agua y algunas actividades acuáticas afectan este ecosistema, que se convierten en barras protectoras contra el oleaje, y amortiguadoras en zonas de riesgo por tsunami (PNNCRSB, 2006).

Figura 3-8: Bosque de manglar en el archipiélago de San Bernardo.



Fuente: (Romero & Niño, 2014).

**Bosque seco tropical:** El bosque seco tropical como formación vegetal de cobertura boscosa continua, se caracteriza por ubicarse en zonas donde predominan los climas cálidos secos (78%), en alturas desde los 0 hasta los 800 msnm y con precipitaciones medias anuales de 250 a 2000 mm, en áreas con cuatro o siete meses de períodos secos, es uno de los ecosistemas que en Colombia se encuentra más amenazado y fragmentado, a nivel nacional solo queda el 1,5% de la cobertura inicial, que rondaba los 80.000 km<sup>2</sup> (INCODER & UJTL, 2014).

Los remanentes de este ecosistema se encuentran mayoritariamente en el archipiélago del Rosario, en Isla Rosario y Barú, ecosistema que a nivel nacional está en muy pocas cantidades y es uno de los más afectados en el país (Niño & Posada, 2015).

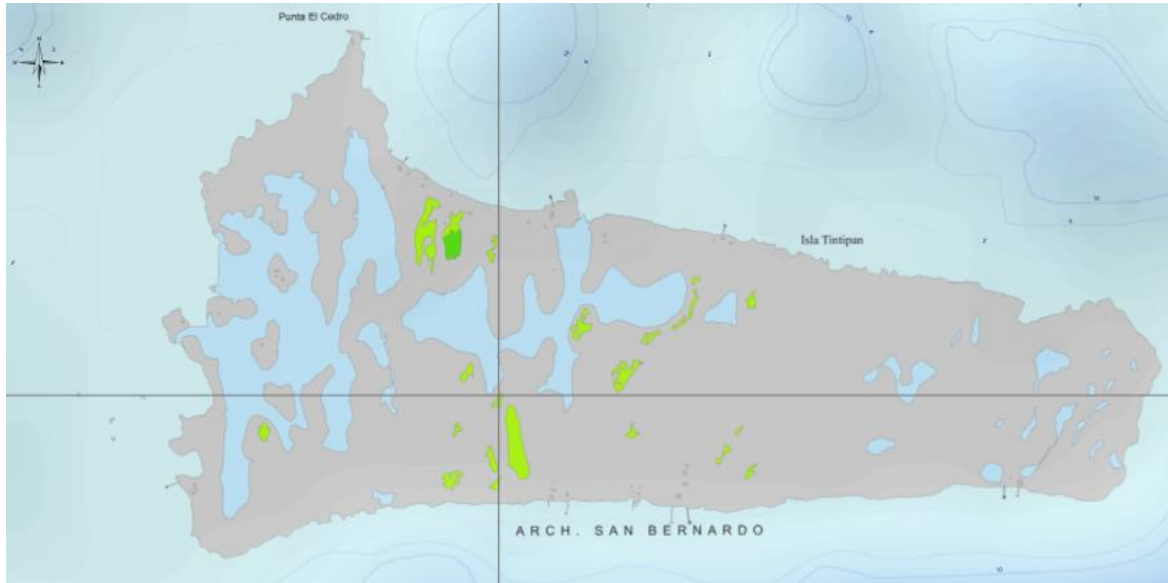
Para San Bernardo algunos relictos de bosque muy seco tropical semiárido, están en las Islas Tintipán y Múcura<sup>31</sup>, que fueron reemplazados en su mayoría por vegetación secundaria, asentamientos humanos y cultivos de pan coger, en Tintipán se encuentran especies nativas propias de bosque seco como la Corida sebestena, Morinda roio, Achras zapota, Crescentia cujete y árboles frutales como el níspero, el anón y el hobo (INCODER & UJTL, 2014).

El 19% que tenía originalmente Tintipán en bosque seco tropical ha desaparecido, siendo reemplazado por vegetación secundaria, asentamientos humanos o zonas de cultivo, sin embargo, en el año 2012 se presentó una recuperación del bosque seco correspondiente al 4,5% de la Isla, 14,3 ha (Figura 3-9) (Romero & Niño, 2014).

---

<sup>31</sup> Información que se verificó con el profesor Antonio Flórez biólogo que vive en la isla.

Figura 3-9: Bosque seco tropical en Tintipán



Fuente: (Romero & Niño, 2014).

En Isla Palma, que también hace parte del archipiélago, se encuentran 5,9 ha de remanentes de bosque seco tropical, ocupando el 35% de la Isla, estos remanentes son coberturas relacionadas con la vegetación secundaria y las áreas boscosas, abiertas y densas. (INCODER & UJTL, 2014)

### 3.1.2 Historia de las figuras jurídicas del Archipiélago

El archipiélago por su gran biodiversidad se encuentra protegido por figuras como el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (en adelante PNNCRSB), que inició con la protección de 17800 ha en 1977 y se llamó Parque Nacional Natural Corales del Rosario, para el año 1986 se generan nuevas delimitaciones del Parque y 10 años después en 1996, el Ministerio del Medio Ambiente a través de un realindero de 120.000 ha nombra el parque actual (PNNCRSB) que incluye toda el área submarina y algunas islas o terrenos emergidos, como Rosario con sus islotes adyacentes e Isla Tesoro, en el archipiélago de Nuestra Señora del Rosario y para el archipiélago de San



Bernardo, las islas Mangle y Maravilla, esta última ya hace parte del área submarina<sup>32</sup>(INCODER & UJTL, 2014).

Para el año 2005, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo crea el Área Marina Protegida (Figura 3-10) de los archipiélagos del Rosario y San Bernardo que tiene actualmente 558610 ha y que incluye además:

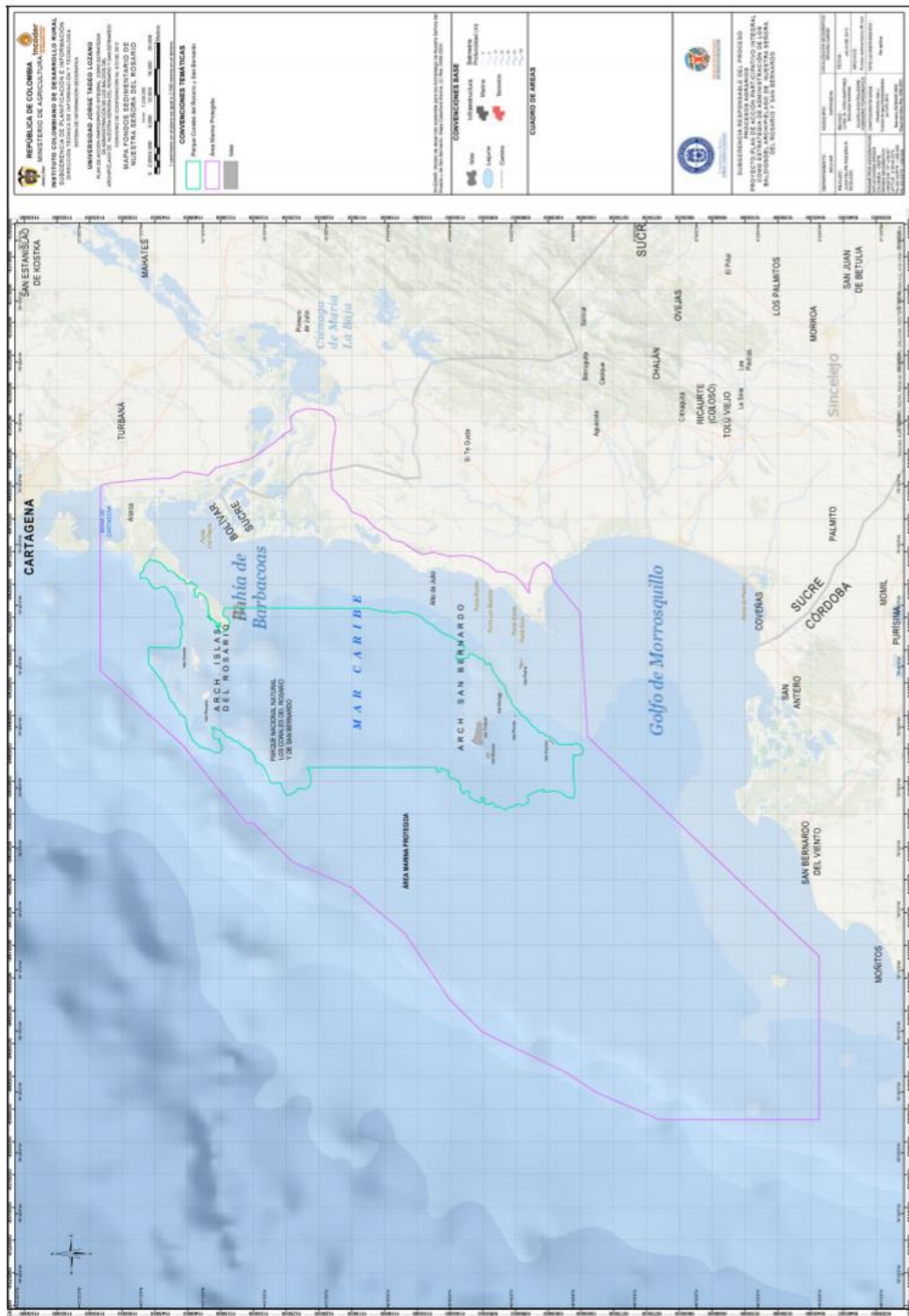
*“el Santuario de Flora y Fauna El Corchal Mono Hernández, la zona continental desde el Canal del Dique (al norte) hasta Punta San Bernardo y el área marina desde el parque hasta el complejo de Isla Fuerte, bajo Bushnell y bajo Burbujas (al sur) y se extiende hasta la isóbata de los 200m en la plataforma continental (Niño & Posada, 2015, p.2)”*

Para el año 2003, se interpone una acción popular contra las siguientes instituciones: Incoder, Cardique, Distrito Turístico de Cartagena de Indias y al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible por el manejo inadecuado de los archipiélagos, en el año 2011 el Consejo de Estado, respalda los derechos colectivos a gozar de un ambiente sano, del manejo racional de los recursos naturales garantizando su desarrollo sostenible, conservación, sustitución y restauración, razón por la cual ordena a las autoridades competentes construir en conjunto el Modelo de Desarrollo Sostenible para los dos archipiélagos y así mitigar los daños ambientales, este se construyó planeando el manejo del área protegida desde el 2013 hasta el 2040, coincidiendo con los planes de Cartagena contra el cambio climático hasta el año 2040 (Niño & Posada, 2015).

---

<sup>32</sup> Isla Maravilla, aunque aún aparece en los textos y en algunos mapas, ya está sumergida, a través de la cartografía participativa se pudo establecer con la comunidad que, desde el 2007 la isla ya no existe. Es una de las pruebas fehacientes de la manifestación del calentamiento global, y el cambio climático a través del ascenso del nivel mar.

Figura 3-10: Mapa del área marina protegida (morado) y el PNNCRSB (verde).



Fuente: (Niño & Posada, 2015).

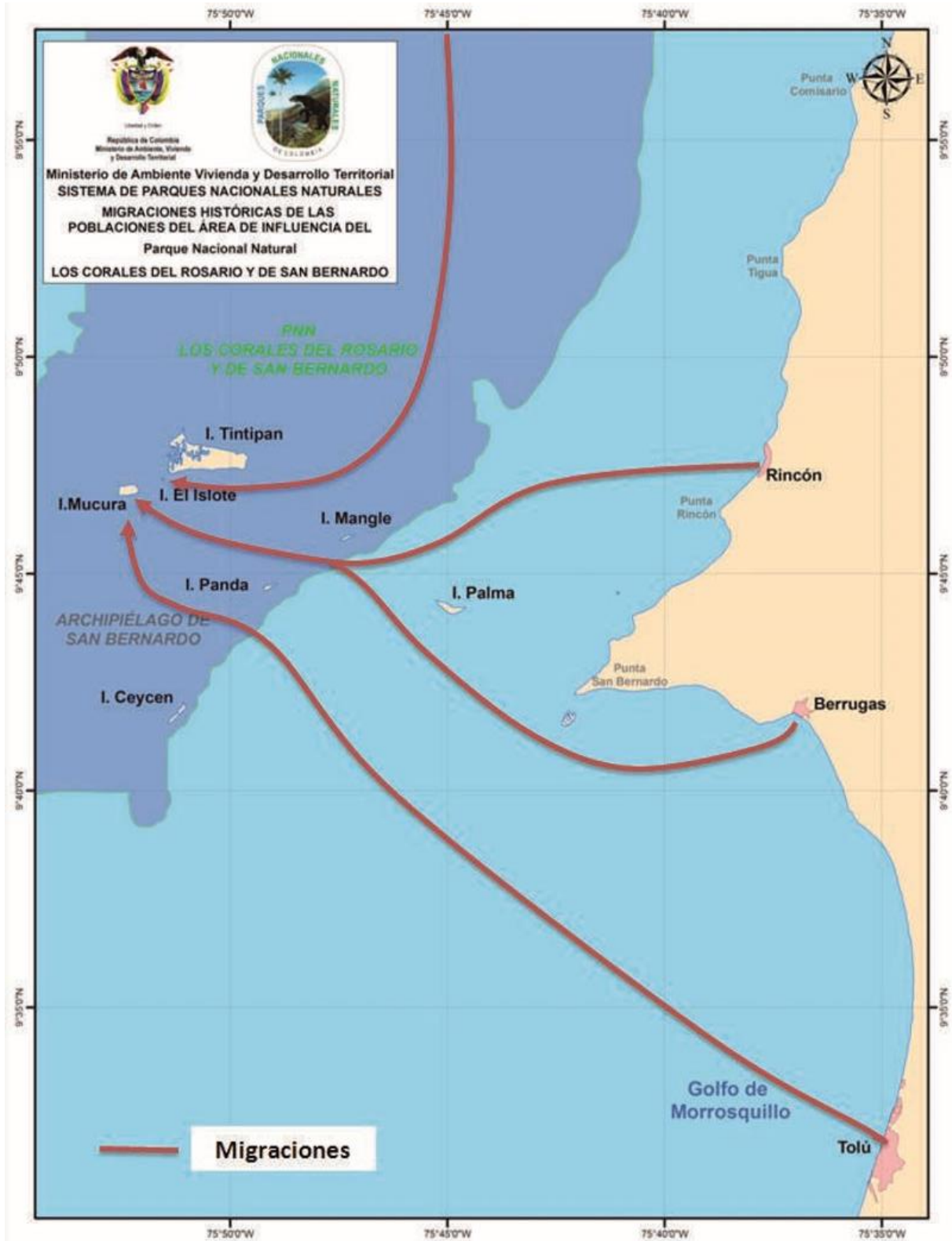
### 3.2 Isla Múcura y los pasos de su ocupación

Según los primeros trabajos cartográficos del archipiélago de San Bernardo hacia 1800 se encontraban 11 islas: Ceycén, Mangle, Panda, Tintipán, Palma, Múcura, Maravilla, Cabruna, Caracolillo, Salamanquilla, Juan de Jesús y algunos islotes, sin embargo la tala indiscriminada de mangle para producir carbón a finales de 1800 e inicios de 1900 causó la desaparición de las últimas tres islas mencionadas, junto con los Islotes Galeras y Mogotes (PNNCRSB, 2006).

En este complejo de bajos arenosos e islas se encuentra Isla Múcura, con 30 has entre ecosistemas de manglar, corales, lagunas costeras, playas arenosas y algunos relictos de bosque muy seco tropical. En la historia de la ocupación de estas islas, aunque no existe información respecto a grupos de indígenas que las habitaran, si se encontraron algunos elementos de barro pertenecientes a los indígenas Caribe en Isla Múcura.

Según Ordosgoitia (2011) la ocupación empieza en Santa Cruz del Islote (una isla artificial que es la más densamente poblada por m<sup>2</sup>) a finales del siglo XVII y principios del siglo XVIII, sitio elegido para ser habitado por los pescadores, ya que en las islas cercanas como Tintipán y Múcura la cantidad de mosquitos y jején no permitían la habitabilidad permanente. Estas islas tendrían la función de ser cultivadas por el poco espacio en Santa Cruz del Islote, allí se cultivaba maíz, plátano, yuca, patilla, naranja y grandes extensiones de coco que reemplazaron el bosque nativo (bosque muy seco tropical) como el caso de isla Múcura. Aunque no existe una información clara respecto a los primeros ocupantes de Isla Múcura, un porcentaje alto de la población actual proviene de las costas de Sucre, de lugares como Santiago de Tolú, Rincón del Mar y Berrugas (Figura 3-11.).

Figura 3-11: Migraciones al archipiélago de San Bernardo.



Fuente: (Ordosgoitia, 2011).

Uno de los primeros pobladores en llegar a la Isla fue Juan Manuel Moreno a quién le atribuyen la fundación del caserío, caserío que cuando se encontraba en los terrenos que hoy pertenecen al Hotel Punta Faro (Noroccidente), se llamaba Chupumdún, llamado así por el relleno constante que debían hacer en la ciénaga que allí se encontraba e inundaba sus hogares. Actualmente el caserío se llama Puerto Caracol por las cantidades de Caracol Pala recolectado y que hacían parte de la cultura del caserío, que hoy se ubica en el suroccidente de la isla.

La Isla es llamada Múcura, por los pedazos de vasijas de barro de los indígenas Caribe, encontrados al excavar terrenos para enterrar las bases de la construcción de diferentes viviendas. Una Múcura era un jarro de barro utilizado por los indígenas para cargar agua. Recurso que hoy en día en la Isla, es recolectado en tanques de almacenamiento y extraído del pozo manegume en la temporada de lluvias que es de mayo a noviembre, sin embargo, el acceso al agua potable es uno de los problemas actuales que tienen los isleños.

Finalmente, hacia los años 70s se dan las primeras ventas de terrenos en la Isla, por parte de familias del continente, llega el señor Iván Perea y Chao Uriel Ballón, después lo haría el profesor Fabio Flórez Amaya (responsable del predio Dahlandia), quien actualmente es el único que reconoció la propiedad de la nación sobre la Isla y paga arriendo desde el 2008, arriendo suscrito con el antiguo INCODER, actualmente la Agencia Nacional de Tierras.

La principal actividad en la Isla es la pesca, sin embargo, el turismo, que con los años está en crecimiento, empieza a cobrar gran relevancia. Así los primeros complejos turísticos en funcionar en el lugar fueron el Hotel Punta Faro, construido hacia los años 70s, el Club Múcura o Múcura 100, Dahlandia y recientemente Hostal Múcura, hace aproximadamente cuatro años (Figura 3-12). Las compras de tierras que se dieron hacia los años 70s por gente del interior a las comunidades que habitaban las islas, hoy deben clarificar la propiedad para continuar en la Isla (Ordosgoitia, 2011).

Figura 3-12: División territorial en Isla Múcura.



Fuente: Elaboración propia.<sup>34</sup>

<sup>34</sup> El ortofotomosaico sobre el cuál se encuentra el mapa, es el resultado de 1896 fotografías tomadas con un Dron Mavic Air durante la salida de campo.

Los predios donde se encuentran el Hotel Punta Faro, Club Múcura, Hostal Isla Múcura y Puerto Caracol se encuentran en los respectivos trámites legales para clarificar la propiedad, sin embargo, para Puerto Caracol la Agencia Nacional de Tierras (ANT) se encuentra en el proceso para declarar el caserío como territorio colectivo<sup>35</sup>. La clarificación de la propiedad es importante para determinar algunas medidas de adaptación al fenómeno del ascenso del nivel medio del mar y para una posible reubicación de Puerto Caracol en una zona menos expuesta en la Isla.

En el mapa de División Territorial puede observarse la inequitativa distribución de la tierra en la Isla<sup>36</sup>, Puerto Caracol donde habita la mayor cantidad de la población, es de los territorios más pequeños y según conversaciones con funcionarios de la ANT, los títulos legales que se entregarán en la Isla, corresponderán a una ha para cada uno de los actores (complejos hoteleros y comunidad), en diferentes modalidades como propiedad o arrendamiento, pero hoy Puerto Caracol en dos ha tiene problemas de hacinamiento y de exposición a fenómenos como la erosión y la inundación por el ascenso del nivel mar.

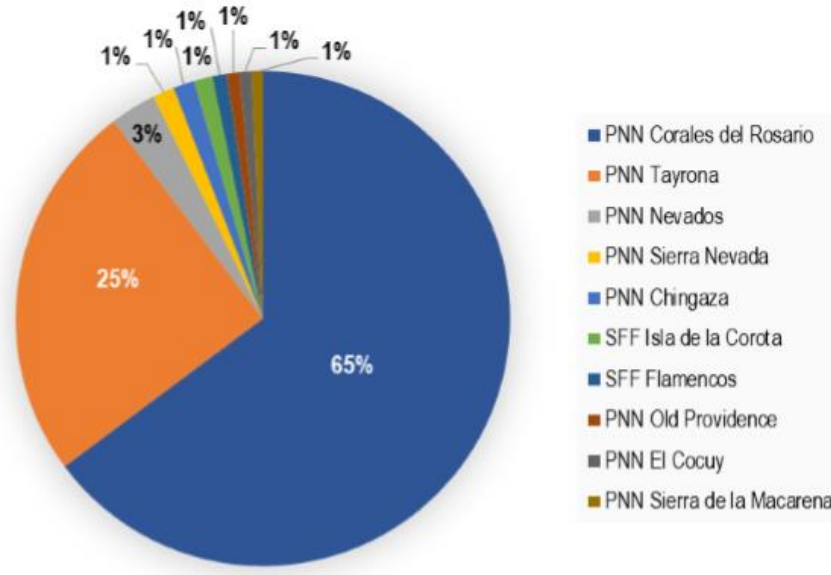
Por ahora las actividades turísticas en la Isla continúan y es el muelle que se ubica al frente de la cabaña del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB), el punto por el cual ingresan los turistas, solo algunos hoteles como Punta Faro tienen muelle privado. El turismo empieza a convertirse en la actividad principal en este territorio insular, así lo muestran las estadísticas del número de visitantes a las áreas protegidas (AP) del país, donde el PNN Corales del Rosario y San Bernardo fue el área más visitada en el año 2018 con 1'162.287 visitantes, quienes ingresan por Cartagena o Tolú al parque (Figura 3-13) (PNN, 2017).

---

<sup>35</sup> Información obtenida a través de entrevistas con el Profesor Fabio Flórez Amaya, Alejandro Álzate Gerente Comercial del Hotel Punta Faro y con los funcionarios de la Agencia Nacional de Tierras en la Isla, quienes hacen presencia hace dos años aproximadamente.

<sup>36</sup> Los problemas de distribución en un lugar hacen parte de los análisis de Justicia Espacial que se escapan del alcance de la investigación, sin embargo es una temática importante en el tema de exposición a amenazas antrópicas y/o naturales, por lo general en zonas de riesgo se ubica la población más vulnerable, así mismo personas de bajos recursos y desplazados por el conflicto armado son quienes hoy ocupan algunas áreas insulares (información obtenida a través de entrevistas y en (Alcaldía de Cartagena de Indias et al., 2014).

Figura 3-13: Número de visitantes a las áreas protegidas del país durante el 2018.



Fuente: (PNN, 2017)

Las lanchas provenientes de Tolú viajan todos los días llegando a la isla desde las 9am y retornan al continente a las 2pm o 3pm de la tarde. Dependiendo del día y de la época del año, la isla recibe desde 200 o 300 personas diarias o hasta 600 y 800 en temporada alta, en 8 o 10 lanchas que realizan pasadías, un tour que venden en la ciudad de Tolú para recorrer Tintipán, Santa Cruz del Islote y Múcura en un día. Solo algunos días dependiendo del número de turistas, llega una lancha proveniente de Cartagena, por la dificultad del transporte desde la ciudad amurallada, la mayoría de las personas prefieren hacer su ingreso por Tolú para visitar el archipiélago de San Bernardo<sup>37</sup>.

El incremento del turismo ha traído beneficios económicos para la Isla, pero es una de las actividades que están degradando los ecosistemas. Como alternativa la comunidad, Parques Nacionales y la Fundación Sueños de Mar del Hotel Punta Faro, con el grupo ecológico de educación ambiental “Los meros sabios”, realizan algunas jornadas de restauración de manglar en Isla Múcura y Tintipán, liberación de tortugas y avistamiento de aves en las islas cercanas como Ceycén, Panda, Mangle<sup>38</sup>.

<sup>37</sup> Información obtenida en campo con entrevistas realizadas a los funcionarios de parques.

<sup>38</sup> Información obtenida en campo, participación en las jornadas de liberación de tortugas y avistamiento de aves, anexos D y G.



### 3.3 Metodología

A continuación, se describe la metodología usada para indagar sobre los servicios ecosistémicos en la Isla, la percepción que tiene la comunidad sobre el ascenso del nivel medio del mar, la toma de algunas rutas turísticas con software libre y el ortofotomosaico tomado con dron<sup>39</sup>.

Se realizaron 3 visitas de campo con una duración aproximada de 15 a 20 días cada una, en las cuales se recolectó información secundaria, se realizaron 5 talleres de cartografía participativa con imagen satelital (2 con complejos turísticos, 2 con la comunidad y 1 con funcionarios de parques) y 4 talleres de cartografía social (grupo ecológico “Los meros sabios”). Se hicieron entrevistas con diferentes actores de la Isla, los administradores de los complejos turísticos, con el representante de la Agencia Nacional de Tierras y con el alcalde de la Localidad 1 de Cartagena a cargo de las áreas insulares del Distrito. Por último se construyó una matriz de Vester<sup>40</sup> con la Junta de Acción Comunal de la Isla para identificar problemáticas relacionadas con el ascenso del nivel medio del mar, cada una de las tareas mencionadas, serán descritas a continuación (Tabla 3-3).

Tabla 3-3: Metodología, actividades y objetivos.

Objetivos específicos	Actividades	Participantes
Identificar los ecosistemas de Isla Múcura y la relación que la población tiene con ellos.	Consulta de información secundaria. Universidad de Cartagena y Universidad Jorge Tadeo Lozano con sede en la misma ciudad. Visita a la biblioteca del Invermar y al CIOH (Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas).	

<sup>39</sup> Se realizó la toma del ortofotomosaico para obtener un modelo digital de terreno con una escala de curvas de nivel cada 10 cm, sin embargo, los puntos de control para ajustar el modelo presentan errores que no lograron ser ajustados.

<sup>40</sup> Las actividades relacionadas con la matriz de Vester para identificar los efectos ambientales del ascenso del nivel medio del mar se desarrollan en el capítulo 4 de la investigación.

Tabla 3-4: (Continuación).

Objetivos específicos	Actividades	Participantes
Identificar los ecosistemas de Isla Múcura y la relación que la población tiene con ellos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 talleres de cartografía social y clases de repaso con contenidos sobre ecosistemas marinos, impartidas por voluntarios y funcionarios de parques.</li> <li>-Entrevistas semi estructuradas aleatoriamente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grupo ecológico “los meros sabios”.</li> <li>-Comunidad de Puerto Caracol.</li> </ul>
Identificar las percepciones que tiene la comunidad de Isla Múcura sobre el ascenso del nivel medio del mar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-5 talleres de cartografía participativa con imágenes satelitales.</li> <li>-Entrevistas semiestructuradas.</li> <li>-Recorridos en lancha el día de avistamiento de aves.</li> <li>-Recorridos de vigilancia y control con Parques Nacionales en las islas alrededor para observar las islas afectadas.</li> <li>-Toma de imágenes con dron durante los recorridos de vigilancia y control.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Comunidad de Puerto Caracol, Administradores de Hostales y Hoteles, Profesor Fabio Flórez (Hostal Dahlandia).</li> <li>-Parques Nacionales y grupo ecológico “Los meros sabios”.</li> <li>-Parques Nacionales.</li> <li>-Parques Nacionales y Fuerza Armada.</li> </ul>
Identificar los efectos ambientales del ascenso del nivel medio del mar en los servicios ecosistémicos de Isla Múcura.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Entrevistas semiestructuradas aleatorias.</li> <li>-Talleres de cartografía participativa.</li> <li>-Taller matriz de Vester.</li> <li>-Consulta de información secundaria.</li> <li>-Recorridos Wikiloc</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Comunidad de Puerto Caracol, alcalde de la Localidad 1 de Cartagena de Indias y MADS.</li> <li>-Puerto Caracol y funcionarios de Parques Nacionales.</li> <li>-Junta de acción comunal de Isla Múcura.</li> <li>-Encuentro académico sobre erosión costera.</li> <li>-Evidencias de intrusión salina.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.1 Cartografía Social y la Información Geográfica Voluntaria (IGV)

La cartografía social y/o participativa es una herramienta metodológica para el levantamiento de información cualitativa, que surge por la necesidad de representar el espacio socialmente construido a diferencia del espacio contenedor, donde las relaciones de los seres humanos que habitan determinada área no son protagónicas y está representado por la cartografía oficial que no incluye procesos participativos con las comunidades y se rige por estándares definidos científicamente. La cartografía oficial o institucional según Hiernaux (2016) a lo largo de la historia recibe críticas con planteamientos como: como mentir con mapas, los mapas mienten, la cartografía está al servicio de los grupos de poder y es más importante lo que el mapa no dice que lo que expresa.

La cartografía social según Lobatón (2009) por el contrario busca representar cualitativamente las percepciones y las relaciones que se tejen en los espacios habitados, es un proceso subjetivo que está determinado por la comunidad que construye el mapa para visualizar la relación con su territorio. Hace unos años solo la cartografía oficial era relevante para el proceso de toma de decisiones, sin embargo, actualmente los procesos participativos crecen, y la relevancia de la cartografía social va en crecimiento.

En la representación del territorio a través de las cartografías sociales es posible visibilizar los diferentes tipos de poder o la territorialidad, que es definida como "el intento de un individuo o grupo de afectar, influenciar o controlar personas, fenómenos y relaciones, delimitando y ejerciendo control sobre un área geográfica" (Sack citado por Lobatón, 2009)<sup>41</sup>.

Es así como a través de la cartografía social se puede conocer multitemporalmente una sociedad, la historia de una determinada población (mapas del pasado), la construcción actual de sus territorios (mapas del presente) y los proyectos a futuro que quisieran en conjunto (mapas del futuro). Para efectos de la investigación la cartografía social se usó

---

<sup>41</sup> Referente a las diversas territorialidades identificadas en la Isla se presentan los lugares de topofilias y topofobias representados por la comunidad.

para la identificación de los ecosistemas, los servicios ambientales locales y la percepción ante el fenómeno del ascenso del nivel medio del mar en el pasado, en el presente y los escenarios futuros.

### *Geografía de la percepción y los tipos de espacio*

La Geografía de la percepción nace en la década de los años 60 como una corriente de la geografía humanista, con métodos como la observación participativa que explicaba las relaciones de los seres humanos con el espacio y su comportamiento, influenciada por ciencias como la psicología y la sociología, que abriría el espacio a las imágenes mentales para representar el uso del espacio, los lugares frecuentados y aquellos rechazados en el territorio, busca analizar e identificar las relaciones colectivas o individuales que están determinadas no solo por factores económicos y sociales sino por el comportamiento de los seres. Para llegar a estos análisis se usan las encuestas, las entrevistas y la cartografía social que busca materializar los mapas mentales que construyen las personas a través de la habitabilidad de los espacios (Morales, 2015).

Aunque el uso principal de la geografía de la percepción está en el ordenamiento territorial de las ciudades, se pudo usar para evaluar los imaginarios que tienen las personas que habitan en Isla Múcura respecto a los servicios ecosistémicos y a la incidencia del fenómeno del ascenso del nivel medio del mar en el territorio. Usando los elementos principales en la representación de la percepción como aspectos puntuales, líneas y áreas definidas por el geógrafo Pocock, y que Kevin Lynch definía para las ciudades como sendas (líneas) de tránsito de los habitantes, hitos (puntos) como los puntos estratégicos y/o de referencia de un lugar, barrios (áreas) como espacios bien diferenciados y bordes (líneas) que separan los espacios diferenciados social y morfológicamente, que pueden ser materiales o límites percibidos.

Respecto a los tipos de espacio representados cada sociedad produce su propio espacio y propone diferentes triálécticas, primero se acerca a los espacios físicos, propone la triplicidad del espacio físico-mental-social para terminar con la triáléctica del espacio concebido-vivido-percibido (Baringo, 2013) (Tabla 3-5).

Tabla 3-5: Tipos de espacio a partir de Lefebvre citado por (Baringo, 2013).

Tipo de espacio	Definición	Tipo de espacio	Definición
Espacio físico	Definido como la naturaleza	Espacio concebido	Es el espacio abstracto y material que se representa a través de mapas, planos técnicos. El espacio dominante de las sociedades compuesto por signos y códigos que establecen los especialistas en el área. Cartografía Oficial.
Espacio mental	Las lógicas y abstracciones formales	Espacio vivido	Es el espacio experimentado directamente por los habitantes, supera el espacio concebido (físico) porque la gente hace un uso simbólico de los objetos que lo componen. Es un espacio pasivo, que quisiera cambiarse y/o transformarse. Mapas mentales.
Espacio Social	El espacio de las interacciones humanas	Espacio percibido	Es el espacio que integra las relaciones sociales de producción, la división del trabajo, las interacciones humanas, y se lee a través de la percepción que los habitantes tienen de su espacio, y su uso cotidiano. Cartografía Social.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Baringo, 2013).

A través de los talleres de cartografía social y/o participativa<sup>42</sup>, que se acompañaron de encuestas y entrevistas, fue posible conocer el espacio percibido (social) de los diferentes actores que habitan la Isla. Principalmente para identificar los servicios ecosistémicos locales y la percepción multitemporal del fenómeno del ascenso del nivel medio del mar en el lugar.

---

<sup>42</sup> Existen debates en torno a las diferencias de la cartografía social y participativa, para la investigación las dos se diferenciarán por los materiales de trabajo. Para la cartografía social los participantes parten de cero dibujando el croquis de la isla, mientras que para la cartografía participativa los actores tendrán como base una imagen satelital.

*Información geográfica voluntaria y software libre*

La información geográfica voluntaria (IGV<sup>43</sup>) hace parte de la Neogeografía y de los Sistemas de Información Geográfica, busca estudiar el intercambio, la participación y el uso de la información junto con los dispositivos tecnológicos por parte de los agentes sociales, que se convierten en sensores que voluntariamente están aportando información geográfica gracias a la revolución de los GPS en los dispositivos móviles (Hernández & Güiza, 2016). Sus usos pueden observarse en aplicaciones como Waze para evaluar el tráfico de la ciudad y en la reconstrucción participativa de mapas ante desastres naturales como los construidos por diferentes personas a nivel mundial en Open Street Map.

Como complemento de la Información Geográfica Voluntaria que cada persona puede brindar a un sistema a través de un GPS en un móvil y una conexión a internet, se necesita de diferentes aplicaciones y de software libre que procese la información. Para la investigación se usó el mashup (sitio web que mezcla fuentes distintas para su funcionamiento) Wikiloc, aplicación que sirve para visualizar y compartir rutas y puntos de interés, construido completamente por software libre como Google Maps Google Earth, y Flickr para la visualización de los datos (López, 2007). Afortunadamente por las condiciones de la Isla, el programa funciona sin conexión a internet, pero la intención es compartir las rutas y puntos de inmediato con los demás usuarios de la aplicación (Figura 3-14).

La finalidad del uso del programa fue conocer las rutas ecoturísticas que ofrecían hace un tiempo los ecoguías, con información sobre los ecosistemas de la isla, los tipos de manglar y la historia del pozo manegume, también se mapeo el bici tour que ofrece el Hotel Punta Faro a sus clientes, y con el recorrido fue posible observar uno de los efectos del ascenso del nivel medio del mar que cambio estas rutas, hace un tiempo (año 2012) se podía recorrer la Isla por sus orillas, sin embargo hoy el mar la está empezando a dividir.

---

<sup>43</sup> Para profundizar en el tema de la información geográfica voluntaria consultar <https://www.youtube.com/watch?v=qVkLDkHvVYo>.

Figura 3-14: Información Geográfica Voluntaria con Wikiloc



Fuente: Elaboración propia con el mashup Wikiloc (2019).<sup>44</sup>

El mapa muestra la ruta de bici tour ofrecida por el Hotel Punta Faro, que atraviesa algunos ecosistemas de la Isla, como playas y manglares, con los puntos estratégicos en el recorrido. Fue una aproximación a los recorridos guiados que se realizan para los turistas y que puede convertirse en uno de los servicios ecosistémicos que se pierda con el progresivo aumento del nivel medio del mar.

### 3.3.2 Fotogrametría, el uso de drones y el modelo digital de terreno

La fotogrametría es la ciencia que permite conocer dimensiones y posiciones de diferentes objetos en el espacio a través de la superposición o intersección de dos fotografías o más. Cuando se trabaja con una sola fotografía se pueden visualizar atributos como la geometría de diferentes objetos. Si se trabaja con dos fotografías, la zona en común o de solape, permite una visión estereoscópica o tridimensional de la zona (Ortega, 2018).

---

<sup>44</sup> La línea naranja representa los recorridos actuales, la línea roja representa el antiguo camino para recorrer la isla.

Según Herrera (1987) citado por (Ortega, 2018), la fotogrametría se divide de acuerdo con el tipo de fotografía o el tipo de tratamiento de la información (Figura 3-15). La fotogrametría terrestre usa fotografías con el eje de la cámara horizontal y paralelo al área de estudio, mientras que la fotogrametría aérea tiene el eje óptico de la cámara sensiblemente perpendicular al terreno y el material se obtiene a través de vehículos aéreos. Para el caso de estudio, se usó un vehículo aéreo no tripulado, Dron.

Respecto a los tipos de fotogrametría, la analógica usa fotografías aéreas que son visualizadas a través de estereoscopios manuales, reconstruyendo el modelo con sistemas ópticos o mecánicos; la fotogrametría analítica usa reconstrucciones con programas informáticos que simulan las geometrías, y la fotogrametría digital, tiene como datos de entrada fotografías aéreas digitales, que reconstruyen modelos espaciales numéricamente, la información de metadatos de la fotografía aérea digital en este modelo es fundamental, pues la reconstrucción digital del modelo espacial se realiza con base en la información de localización (datos x, y, z), de la fecha y hora, y de la calibración de la cámara, datos que se encuentran en cada fotografía digital.

Figura 3-15: Divisiones de la fotogrametría



Fuente: (Ortega, 2018).

Para la investigación se usaron fotografías aéreas tomadas con el Dron Mavic Air para ser procesadas con fotogrametría digital a través del software Pix4Dmapper.



### **Drones**

Los drones son vehículos aéreos no tripulados, con cámaras incorporadas, usados para la fotografía aérea actualmente. Según su aerodinámica se clasifican en vehículos no tripulados de ala fija: aviones, parapente, planeadores, ala delta que corresponden a los aeroplanos, o los vehículos aéreos no tripulados rotatorios: helicópteros o multirrotores dirigibles o de globos aerostáticos.

Se realizaron ensayos de varios vuelos durante 13 días para obtener la escala adecuada y el solape necesario entre las fotografías aéreas para procesar dos productos básicos, el ortofotomosaico y el modelo digital de terreno.

Respecto a la escala de la fotografía esta varía según la altura de vuelo, para el trabajo en mención, la altura de vuelo (altura máxima del dron) estuvo a 95 m con una escala de 3.49cm/pix, y solapamientos longitudinales y transversales del 90% y 80%, valores máximos de solapamiento que maneja el software Pix4DCapture utilizado para la programación de vuelos.

Se realizaron 50 vuelos, y se eligieron los mejores recorridos para tener una imagen ortofotomosaico procesada en el programa Pix4D Mapper, construida a partir de 1896 fotografías aéreas. Sobre el ortofotomosaico se construyó un mapa para visualizar la división actual de la isla por actores y las hectáreas que actualmente ocupa cada uno.

Finalmente se intentó obtener un modelo digital, pero los puntos de control no tienen la corrección adecuada. No existe un punto geodésico en la Isla, que permita amarrar los datos y aproximar el modelo a la realidad, es necesario retornar a la zona con equipos GPS doble frecuencia y realizar las respectivas correcciones. Sin embargo, no se cuenta con ellos<sup>45</sup>.

---

<sup>45</sup> Se retira la aproximación del modelo digital de terreno porque no se lograron corregir los datos y es necesario regresar a campo con los equipos adecuados para hacerlo.

### 3.4 Servicios Ecosistémicos Locales

Como se describió en el segundo capítulo los servicios ecosistémicos corresponden a los beneficios que se derivan de la interacción entre los ecosistemas y las culturas o sociedades; su clasificación corresponde a servicios de regulación y/o soporte, servicios de provisión y servicios culturales. Existen tres tipos de clasificación actualmente (Tabla 3-5.) pero para efectos de la investigación se tomarán los 3 tipos de servicios ecosistémicos clasificados y definidos por la Valoración Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos (VIBSE), que no toma como servicios aquellos de soporte, pues estos hacen parte del funcionamiento integral de los ecosistemas, son la base para que los demás servicios existan (Rincón et al. 2014).

Tabla 3-6: Comparación de tipologías de servicios ecosistémicos

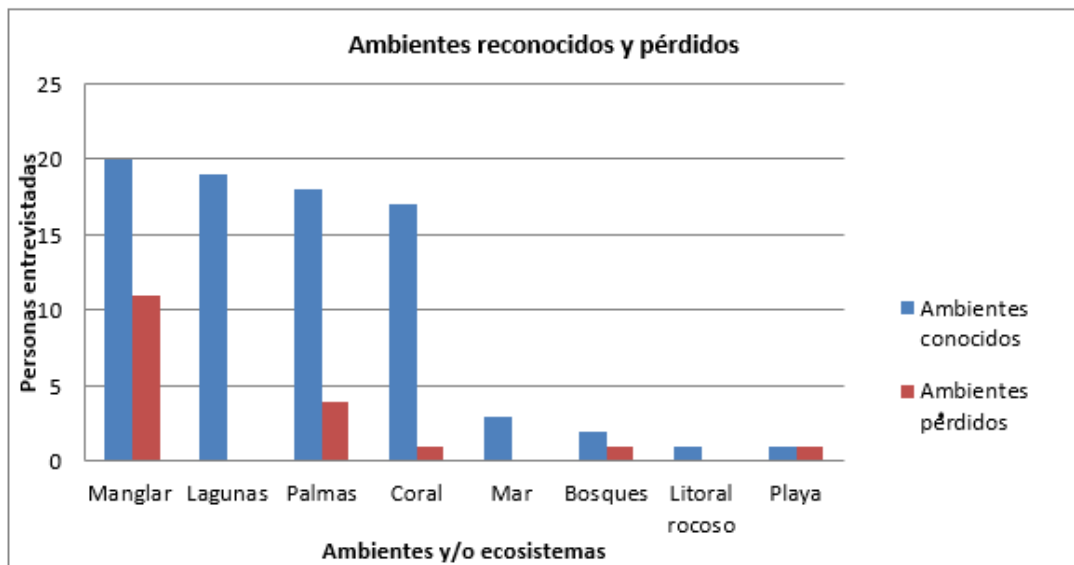
EEM		EEM-K		VIBSE	
Servicios de Soporte	Servicios de regulación	Servicios intermedios	Servicios de soporte	Biodiversidad Procesos funciones ecológicas	Servicios de provisión
	Servicios de provisión		Servicios de regulación		Servicios de regulación
	Servicios culturales	Servicios Finales	Servicios Culturales		Servicios culturales
			Servicios de provisión		

Fuente: Elaboración propia a partir de VIBSE (2014).

Respecto a los servicios de provisión son los productos y bienes materiales como: los alimentos, las fibras, suelo, etc. Los servicios de regulación son aquellos beneficios para la autorregulación de los procesos naturales como: calidad del aire, control de erosión entre otros, y los servicios culturales que se refieren a los beneficios no materiales que la comunidad obtiene de los ecosistemas como: belleza escénica, recreación, educación ambiental etc. (Rincón et al. 2014).

A continuación, se describirán los ecosistemas característicos de la Isla a través de información secundaria<sup>46</sup>, y los servicios ecosistémicos identificados por la comunidad, información que se trabajó con talleres de cartografía social realizados con el grupo ecológico *Los meros sabios* y sus padres, adicionalmente se realizaron entrevistas (Anexo B) aleatorias a la comunidad, que dieran cuenta de los ecosistemas identificados (Figura 3-16), la percepción del aumento del nivel del mar con posibles ascensos de 50 cm y 1 m y los servicios ecosistémicos relacionados con los ecosistemas locales<sup>47</sup>.

Figura 3-16: Ambientes identificados por la comunidad.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en campo.

<sup>46</sup> No existen muchas investigaciones realizadas para Isla Múcura, se mencionarán los datos generales que menciona la literatura sobre los ecosistemas que se identificaron para el archipiélago de San Bernardo, menos estudiado a comparación del archipiélago de Nuestra señora del Rosario

<sup>47</sup> Los detalles de los grupos que participaron en los talleres de cartografía y una descripción más amplia de las encuestas serán descritos en la sección 3.4.2 del presente documento.

### 3.4.1 Ecosistemas característicos de Isla Múcura

Isla Múcura es el segundo territorio más densamente poblado, después de Santa Cruz del Islote en el archipiélago de San Bernardo, con una población calculada en 200 habitantes para el año 2011 (Duque & Torres, 2011). En la Isla se encuentran ecosistemas como bosques de manglar, lagunas costeras e interiores, playas y según algunos autores, relictos de bosque seco tropical, además la comunidad tiene una fuerte relación con los ecosistemas marinos del archipiélago como los arrecifes de coral, los fondos sedimentarios y las praderas de pastos marinos, estos últimos ecosistemas, aunque no son reconocidos por la comunidad, en conjunto son el hábitat de diversas especies que sirven de alimento para la población<sup>48</sup>.

El trabajo de Romero y Niño (2014) para los archipiélagos, permite diferenciar los ecosistemas cartografiados para la isla, ecosistemas que serán afectados por el aumento progresivo del mar.

A continuación, se presentarán los ecosistemas característicos de la Isla con su respectiva cartografía, muchos de ellos ya fueron desarrollados en el numeral 3.1.1 con la descripción de los ecosistemas del archipiélago de San Bernardo.

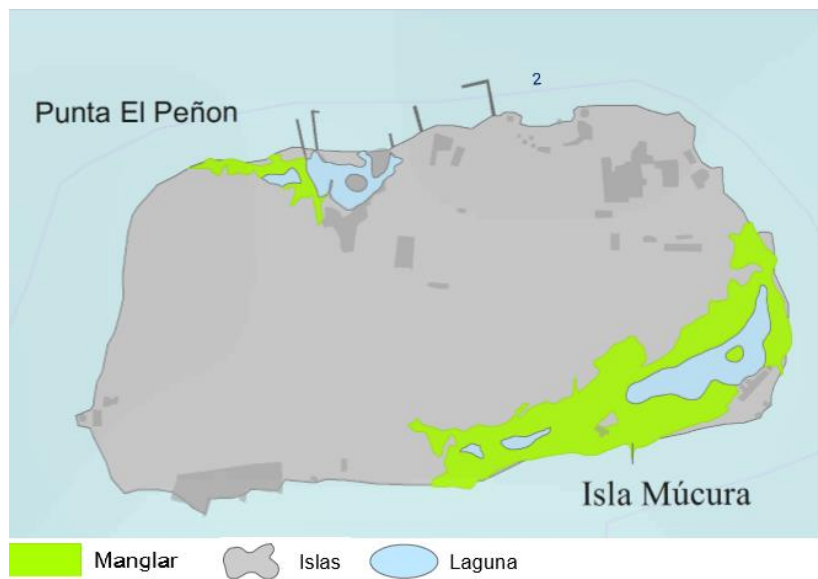
#### **Manglares**

Los ecosistemas de manglar en Isla Múcura para el 2014 ocupaban el 11,65% de la superficie total de la Isla (Romero & Niño, 2014), sobre el oriente se encuentra la mayor formación con diversas especies, entre ellas el *Rhizophora Mangle* o conocido como mangle rojo, con alturas máximas de 7 m y una cobertura del 31%, el *Conocarpus erectus* o mangle Zaragoza con una altura máxima de 5 m y una cobertura del 57%, y *Laguncularia racemos* o mangle bobo con una altura máxima de 4 m y una cobertura del 12%, para el año 1993 el manglar ocupada el 22.4% de la Isla (Figura 3-17) (Patiño & Flórez, 1993).

---

<sup>48</sup> Información obtenida a través de fuentes secundarias y entrevistas con la comunidad.

Figura 3-17: Manglares en Isla Múcura.



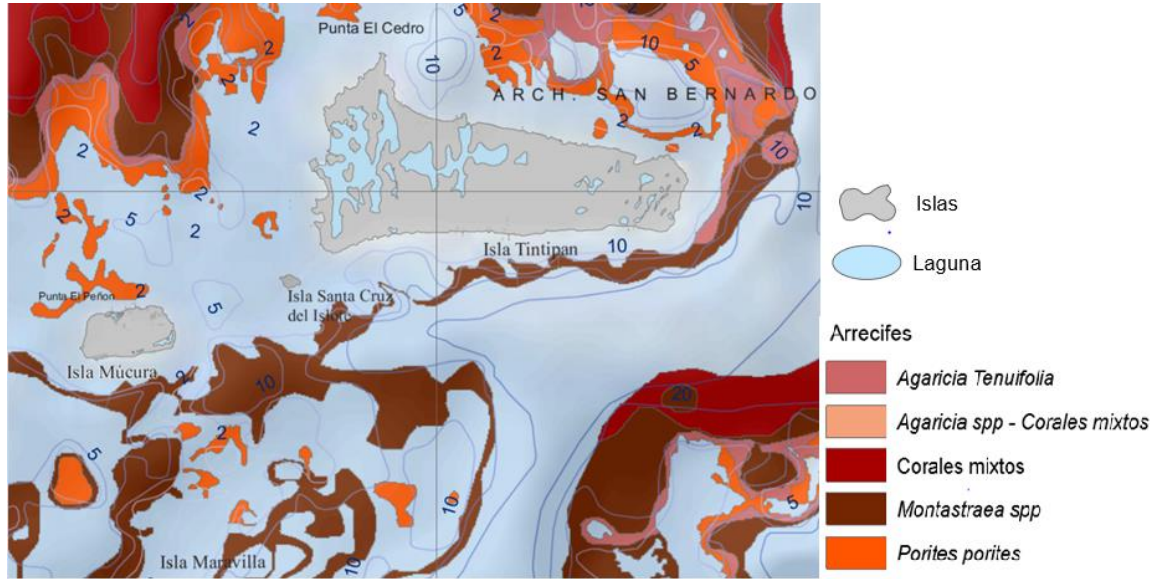
Fuente: Adaptado de Romero y Niño (2014)

Con la información de los autores citados, se estima que la cobertura de manglar ha disminuido aproximadamente en un 50%, según la comunidad la isla estaba cubierta en su mayoría por manglar que fue convertido en carbón vegetal, desprotegiendo parte de su litoral que es erosionado continuamente, hoy en día la vegetación nativa es arbustiva y herbácea y se encuentran cultivos de coco, papaya, níspero y limón (Patiño & Flórez, 1993).

### **Arrecifes de coral**

El archipiélago de San Bernardo es un banco coralino parcialmente emergido, con una cobertura de coral vivo del 46,2% con 43 especies de corales pétreos, 3 son hidrocorales y 40 escleractínios; y en esqueletos y escombros se encuentran *P. porites*, *C. natnas*, *S. sidérea* y *M. Annularis*, estas formaciones coralinas presentan un mejor desarrollo hacia el norte y occidente del archipiélago por acción del oleaje (Díaz et al., 2000). Está compuesto por arrecifes franjeantes, de parche, tapetes arrecifales y corales dispersos en fondos sedimentarios, la mayor cobertura está en el costado norte y noroccidental en el complejo Tintipán-Islote-Múcura-Maravilla y Mangle-Panda-Ceycén, compuesto de corales mixtos, *A. Tenuifolia* y parches de *Montrastea spp.* y *P. porites*, a medida que se va descendiendo en el archipiélago la cobertura también disminuye (Figura 3-18) (INCODER & UJTL, 2014).

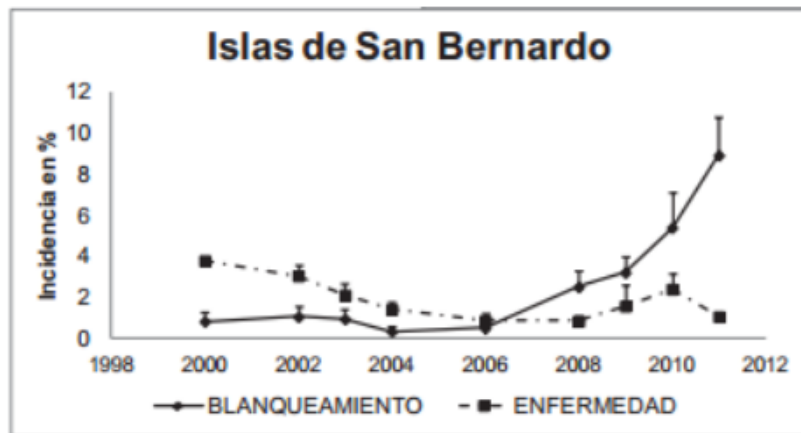
Figura 3-18: Arrecifes de coral que rodean Isla Múcura.



Fuente: Adaptado de (Romero & Niño, 2014).

Existe un acelerado deterioro de las formaciones coralinas generado por acciones antrópicas y fenómenos naturales como el aumento de la temperatura superficial del mar, hacia el año 2000 el Invemar instaló una estación para monitorear el coral, encontrando que desde el 2006 se observa un aumento progresivo del blanqueamiento coralino (Figura 3-19) (INCODER & UJTL, 2014).

Figura 3-19: Blanqueamiento y enfermedad de los corales en las Islas de San Bernardo.



Fuente: (INCODER & UJTL, 2014).

Uno de los principales papeles que cumple en la Isla es el de barrera protectora contra la erosión y la contribución a la formación de playas con el aporte de sedimentos coralinos, sin embargo, su cobertura está disminuyendo, y los orígenes de su deterioro están relacionados con los aportes del río Sinú, los sucesivos eventos de blanqueamiento por anomalías en la temperatura y la extracción del coral como recuerdo (Tabla 3-7) (Díaz et al., 2000).

Tabla 3-7: Cambios en los S.E. de los corales por efectos en el ecosistema

Efectos	Cambio en los servicios ecosistémicos
Pérdida de coral vivo	Menor capacidad para brindar hábitat. Pérdida de biodiversidad
Disminución de crecimiento coralino	Menor capacidad para la prevención de la erosión (protección de la línea de costa). Menor capacidad de moderación de eventos extremos. Menor capacidad de propiciar ambientes óptimos para el crecimiento de praderas de pastos marinos y para el mantenimiento de los ciclos de vida.
Alteración en la fecundidad, en el reclutamiento y en la supervivencia de juveniles	Menor provisión de alimento para la población local y los turistas
Bioacumulación de sustancias contaminantes en organismos arrecifales	Menor provisión de alimento para la población local y los turistas
Modificación de la estructura trófica del sistema	Menor provisión de alimento para la población local y los turistas. Disminución de la capacidad de exportar energía hacia ecosistemas adyacentes. Menor disponibilidad de recursos ornamentales

Fuente: Adaptado de (INCODER & UJTL, 2014).

Los estudios realizados indican que con el monitoreo de las 18 estaciones del Invemar, la cobertura de coral vivo viene disminuyendo, y está aumentando la cobertura de algas, generando una fase de cambio en las formaciones arrecifales (INCODER & UJTL, 2014).

### **Playas**

Las playas son ecosistemas importantes que prestan servicios de hábitat o refugio a diversidad de especies, según Rincón y Rodríguez (2004) alguna vez el archipiélago fue hábitat de anidación esporádica y de alimentación para tortugas caguamo, verde y carey que se encuentran envía de extinción, para la anidación (Tabla 3-8), necesitan de playas anchas y poco intervenidas, las playas más extensas en el archipiélago están en Isla Palma con 8.358,7 m<sup>2</sup>, Tintipán con 4.971,8 m<sup>2</sup> y Múcura con 4.858,8 m<sup>2</sup>, las más pequeñas están en Ceycén con 223,92 m<sup>2</sup> y en Mangle con 135,01 m<sup>2</sup>.

Tabla 3-8: Playas en las Islas de San Bernardo disponibles para anidación de tortuga Carey.

	Isla Múcura	Isla Tintipán			Isla Ceycén	Isla Mangle	Isla Palma
	El Cholo	La Puntica	Costado norte	Punta Mate	Costado sur	Punta Mangle	Costado sureste
<b>Largo (m)</b>	440	110	657,3	322	15	139,2	540
<b>Ancho promedio (m)</b>	6,5	23	13,4	19,9	4,2	10,7	16,1
<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	2860	2530	8807,8	6407,8	63,7	1489,4	8694
<b>Pendiente promedio (grados)</b>	6,5	12	4,1	9,5	5,5	5,8	5,12
<b>Tipo de grano</b>	Fino	Fino	Mediano	Mediano	Fino	Mediano	Mediano
<b>Área disponible para anidación m<sup>2</sup></b>	520	645	3002	2342.5	63.7	751.7	5025
<b>Número de nidos temporada 2002</b>	0	0	1	0	0	0	5

Fuente: Adaptado de (Rincón & Rodríguez, 2004).

La vegetación que puede encontrarse en las playas son los mangles, el mangle bobo, rojo y el zaragoza, la uvita de playa, la palmera, algunas especies de flora rastreras como el musgo de playa y algunas gramíneas. Respecto a la fauna se puede observar el cangrejo



de manglar, lagartijas, tijeretas, el pato buceador y algunos pelícanos (INCODER & UJTL, 2014).

Según Patiño & Flórez (1993) las playas en Isla Múcura están enriquecidas por fragmentos coralinos y restos de bivalvos hasta los 50 cm de profundidad, con una pendiente de  $4.5^\circ$  durante los primeros 10 m y aumenta a  $5.5^\circ$  hasta los 70 m. La playa más extensa se encuentra en el costado suroriental y se conoce por el nombre de playa pública o la punta que es la playa turística y aquella más intervenida, reduciendo su fauna a pocos organismos, hacia el costado norte existe otra playa arenosa menos visitada por el material de arribazón que acumula en épocas de vientos fuertes (Figura 3-20).

Figura 3-20: Playas en Isla Múcura.



Fuente: Adaptado de (Romero & Niño, 2014).

Los primeros ecosistemas en ser afectados por los escenarios de ascenso del nivel medio del mar son las playas que se perderían por completo, pero además existen otras presiones que aceleran su pérdida, como el incremento desmedido de la actividad turística (200 personas al día en menos de 1 ha), el incremento de residuos sólidos, la extracción de fauna, el transporte marítimo, que genera cambios en las corrientes por la intensidad del oleaje, afectando la estabilidad de sedimentación de las playas, acelerando la erosión y con ello el retroceso de la línea de costa, donde muchas veces la respuesta inmediata es la construcción de muelles y espolones cambiando la dinámica marina y generando procesos de erosión y acreción en diferentes sectores de la Isla, la extracción de arena de

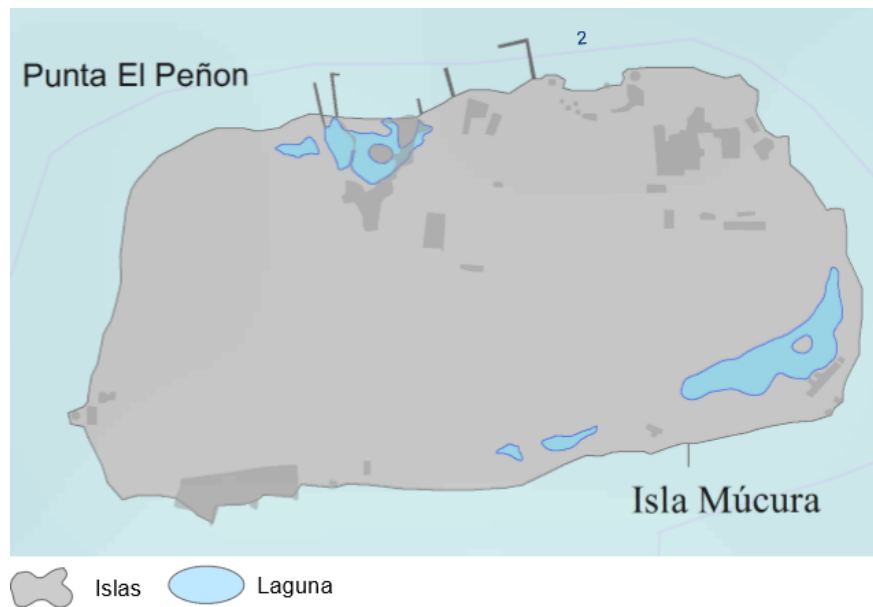
las playas para la construcción de casas, la contaminación del agua y de las playas por vertimientos inadecuados de residuos sólidos provenientes de complejos turísticos.

### **Lagunas costeras o interiores**

Las lagunas costeras que corresponden a depresiones formadas por planos de inundación de ríos, por origen tectónico o gracias a la acumulación de algunos sedimentos a través de las corrientes oceánicas, suelen confundirse con los estuarios por sus características físicas, biológicas y químicas, sin embargo, su geomorfología es diferente. En el archipiélago de San Bernardo la más grande se encuentra en Tintipán (INVEMAR & MADS, 2003).

Respecto a las lagunas costeras e internas presentes en el archipiélago, Múcura tiene el 4,13% (1,27 ha) de su territorio en este ecosistema, con 3 lagunas, la más grande en el costado suroriental y la más intervenida al norte (Figura 3-21), que vio disminuido su espejo de agua con la llegada del Hostal Múcura, estas lagunas son muy someras, no exceden en 1,5 m su máximo llenado, adicionalmente en la isla se presentan otros cuerpos de agua pequeños, de vital importancia como tres pozos, que se alimentan de las aguas lluvias y del nivel freático, la profundidad de los pozos penetrando el sustrato insular varía desde 1,4 m hasta 4,5m (Zarza & Gómez, 2011).

Figura 3-21: Lagunas costeras e interiores en Isla Múcura



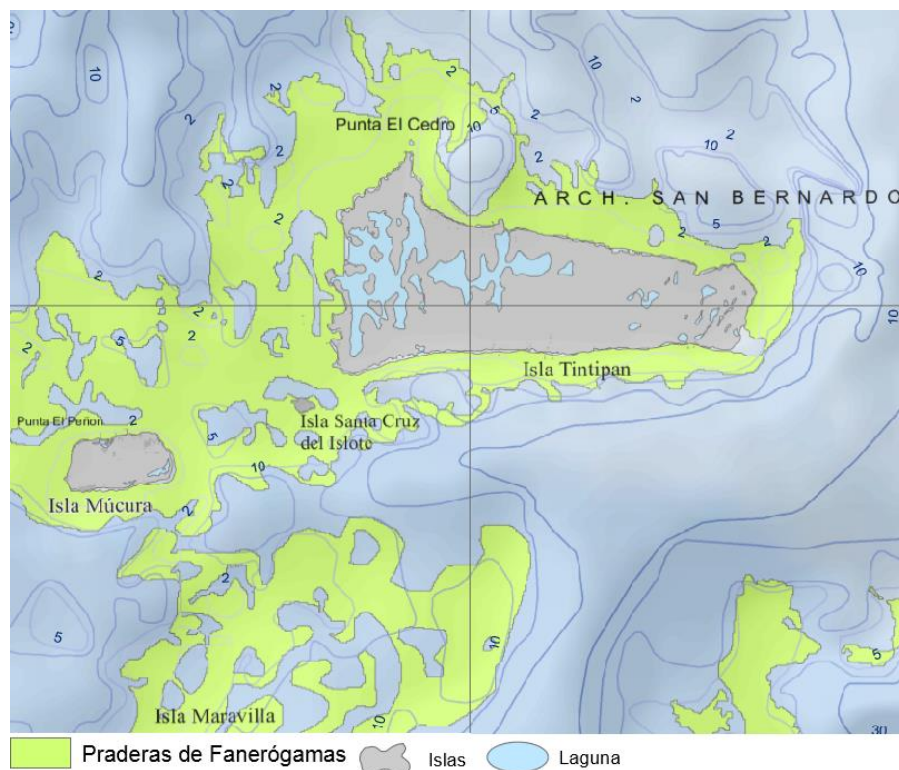
Fuente: Adaptado de (Romero & Niño, 2014).

El pozo con la profundidad de 4,5m se ubica por debajo del nivel medio del mar, teniendo en cuenta que la altura máxima de la isla no es mayor a los 2 m, es posible que sea un acuífero cerrado al interior de la isla, que presenta condiciones de salinidad muy bajas, con aguas dulces en el fondo, el pozo debe ser alimentado con aguas lluvias, y debe evitar el ingreso de agua de mar con algunos procesos naturales como una capa de carbonato de calcio impermeable que aísla las aguas internas dulces de las aguas que llegan del mar (Zarza & Gómez, 2011).

### **Praderas de pastos marinos**

Las praderas de pastos marinos o praderas de fanerógamas según el INVEMAR y MADS (2003), solo se encuentran en el Caribe y son el ambiente sedimentario somero más productivo, estabilizadores de la línea de costa, proveen el alimento a múltiples cadenas alimenticias y son el hábitat y refugio de muchas especies marinas en su fase juvenil y adulta. Isla Múcura presenta un complejo de pastos marinos que la interconectan con Tintipán, Santa Cruz del Islote y Maravilla (Figura 3-22).

Figura 3-22: Praderas de pastos marinos complejo Tintipán-Islole-Múcura y Maravilla



Fuente: Adaptado de (Romero & Niño, 2014).

Algunos investigadores recomiendan declarar Isla Múcura, Panda y Mangle como zona de crianza por la importancia de las praderas de pastos marinos para el repoblamiento del caracol pala, el molusco de mayor tamaño e importancia económica y ecológica del Caribe, catalogado actualmente como una especie amenazada (Zarza & Gómez, 2011).

### **Bosque Seco Tropical**

Según Flórez & Etter (2003) en Múcura se presenta una cobertura de vegetación secundaria de Bosque Seco Tropical y varios cultivos de coco sobre suelos de origen calcáreo, que han disminuido por intervenciones antrópicas, en el 2003 con 36.7 ha, la Isla presentaba una terraza coralina de 23,4 ha, con vegetación, las especies típicas son la ceiba majagua, el uvito de playa, el caucho, el totumo, el matarratón, la pringamosa y algunos pastos y arbustales.

Como vegetación introducida de frutales está la papaya, el anón, el limón y el níspero como pequeños cultivos de pan coger (Patiño & Flórez, 1993).

### **Litoral rocoso**

Para la región del Caribe el litoral rocoso es escaso y son pocos los estudios realizados para este tipo de ecosistemas, en los archipiélagos de San Bernardo y el Rosario es el litoral rocoso calcáreo es originado a partir de antiguos arrecifes (INVEMAR y MADS, 2003).

En el archipiélago los litorales rocosos están en las Islas de Tintipán y Múcura, en esta última solo se encuentra en el costado nororiental de la Isla y se estratifico según Patiño y Flórez (1993) en supralitoral, *Nodilittorina tuberculapatula*, *tectarius muricatus* y *Littorina lineolata*; para el mesolitoral, *Littorina lineolata*, *Nerita versicolor*, *N. perolonta* y *N. tessellata*, y en el infralitoral, *Purpura patula*, *Chiton sp.*, *Thais rustica*, *Fissurella nodosa*, *Diodora listeri* y *Cypraea zebra*. Se pueden encontrar gasterópodos que comparten el hábitat al ocupar un nicho ecológico diferente.

### 3.4.2 Cartografía Social y los Servicios Ecosistémicos Locales

Se realizaron 4 mapas a través de cartografía social (Figuras desde la 3-23 a la 3-26), con la participación del grupo ecológico “*Los meros sabios*”.

Los grupos ecológicos, Los meros sabios (Isla Múcura) y Salvadores del Arrecife (Santa Cruz del Islote), son una iniciativa de educación ambiental de la Institución Educativa de Santa Cruz del Islote<sup>49</sup>, apoyada por el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo, en alianza con la Fundación sueños de mar (Fusdem) que es patrocinada por el Hotel Punta Faro. Esta iniciativa nace hace 4 años y los jóvenes con edades entre los 8 y 16 años, participan con los funcionarios de la institución (PNNCRSB) estudiando diferentes temáticas, que están relacionadas con los ecosistemas de los que se beneficia la comunidad, algunos temas trabajados fueron: los manglares, los corales, las aves y las tortugas marinas.

Durante los campos realizados fue posible participar del día mundial de observación de aves (mayo 2018)<sup>50</sup> y de la liberación de tortugas<sup>51</sup> que realiza el Hotel Punta Faro en algunos meses del año (marzo 2019). Dos actividades que involucran a la comunidad con la intención de mostrar la importancia del cuidado de la isla y sus especies, son actividades que hacen parte de los servicios culturales con los que cuenta la Isla.

La actividad se realizó en las antiguas instalaciones del colegio en Isla Múcura, los grupos se conformaron libremente y estaban compuestos por 5 o 6 niños, junto a algunos de sus padres. Se empezó con el dibujo de la Isla, sus casas, los lugares de reunión y de actividades, posteriormente en cada grupo se discutía sobre los ecosistemas de la Isla y que beneficios les representaban, al final se indagó por los posibles escenarios de aumento del nivel del mar en 50 cm y 1 m, para señalar cuales serían las zonas afectadas y con ello identificar la posible pérdida de algunos ecosistemas.

---

<sup>49</sup> El grupo ecológico Los meros sabios pertenece a Isla Múcura, y existe el grupo ecológico de Santa Cruz del Islote, llamado Salvadores del Arrecife.

<sup>50</sup> Revisar Anexo G. Día mundial de observación de aves

<sup>51</sup> Revisar Anexo D. Jornada de liberación de tortugas.

Figura 3-23: Identificación de servicios ecosistémicos y percepción de pérdida por ascenso del nivel medio del mar. Grupo1.



Fuente: Elaborado por el grupo 1 de los meros sabios (jóvenes entre 7 y 16 años) y sus padres.

Figura 3-24: Identificación de servicios ecosistémicos y percepción de pérdida por ascenso del nivel medio del mar. Grupo 2.



Fuente: Elaborado por el grupo 2 de los meros sabios (jóvenes entre 7 y 16 años) y sus padres.

Figura 3-25: Identificación de servicios ecosistémicos y percepción de pérdida por ascenso del nivel medio del mar. Grupo 3.



Fuente: Elaborado por el grupo 3 de los meros sabios (jóvenes entre 7 y 16 años) y sus padres.



Figura 3-26: Identificación de servicios ecosistémicos y percepción de pérdida por ascenso del nivel medio del mar. Grupo 4.



Fuente: Elaborado por el grupo 4 de los meros sabios (jóvenes entre 7 y 16 años) y sus padres.

El taller de cartografía social tuvo una posterior socialización, donde un representante de cada uno de los 4 grupos participantes, explicaba cuáles eran los lugares importantes para el grupo, los ecosistemas identificados y los beneficios que obtenían de ellos, también señalaron hasta donde podía llegar el mar si el nivel aumentaba 50 cm o 1 m<sup>52</sup>.

A continuación, se presentan los ecosistemas con los servicios ecosistémicos locales identificados por la comunidad, además de la percepción con escenarios futuros con 50 cm y 1 m de ascenso del nivel medio del mar que es acelerado por causas antrópicas. Para terminar, se comparan los servicios ecosistémicos locales con algunos servicios ecosistémicos descritos en la literatura y así observar cuales son los beneficios ambientales que sostienen a la comunidad en la Isla.

### **Manglares**

Servicios ecosistémicos locales identificados en el manglar y algunas problemáticas actuales:

A través de los talleres con el grupo ecológico representados en cartografías sociales, de sesiones de repaso como actividades de educación ambiental, los sábados en la cabaña de Parques con el grupo ecológico, y las encuestas y entrevistas realizadas a algunos líderes comunitarios, se pudo identificar cuáles son los servicios ecosistémicos locales que la comunidad asocia al ecosistema de manglar (Tabla 3-9). El término de servicios ecosistémicos no es usado, razón por la cual se indago por los beneficios que se obtienen del ecosistema, adicionalmente a través de la literatura se encontraron servicios ecosistémicos de los manglares para relacionarlos con aquellos identificados por la comunidad (Tabla 3-10).

---

<sup>52</sup> Solo en los talleres de cartografía se usaron los escenarios de 50 cm y 1 m, dentro del rango que maneja el IPCC para el RCP8,5 y como una medida típica que usa frecuentemente la gente en la comunidad.

Tabla 3-9: Servicios ecosistémicos locales y percepción de pérdida por ascenso del nivel medio del mar para los manglares.

Ecosistema	Servicios de provisión	Servicios de regulación	Servicios culturales	Pérdida por ascenso del nivel del mar
<b>Manglar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Madera para la construcción de casas.</li> <li>- Madera seca como leña para la cocina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hábitat de especies (peces, cangrejos, pájaros).</li> <li>- Protección contra el oleaje.</li> <li>- Protección contra las mareas altas</li> <li>- Protección contra las inundaciones.</li> <li>- Control de erosión</li> <li>- Evitan que se hunda la Isla.</li> <li>- Generan el O2 para que se pueda respirar. Son el pulmón del planeta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sirve para que los turistas los visiten.</li> <li>- Para la recreación.</li> <li>- Es un paisaje para admirar.</li> <li>- Sirve para estudiarlos en la educación ambiental.</li> <li>- Ecoturismo.</li> </ul>	<p>Se debilitarían por el aumento del mar y se perderían, con ellos también la madera, y los peces que allí se encuentran.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en campo.

En Múcura el bosque de manglar está compuesto por cuatro especies de mangle: el mangle zaragoza o botón, mangle negro o salado, mangle bobo o amarillo y el mangle rojo. Los manglares eran parte de las rutas ecoturísticas que se manejaban en la Isla, donde enseñaban a turistas la importancia del manglar y las 4 especies de mangle que podía encontrar. Sin embargo, estas rutas ya no se ofertan debido a la poca demanda del turista por realizarlas, ahora solo las maneja el Hotel Punta Faro como parte de las actividades adicionales para sus huéspedes<sup>53</sup>.

---

<sup>53</sup> Observar las rutas turísticas realizadas con Wikiloc. Figura 3-6.

Tabla 3-10: Servicios ecosistémicos del manglar vs servicios locales identificados.

Servicios de regulación	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad
Regulación y producción de gases	Regulación de la composición atmosférica y de gases como CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> y niveles de SO <sub>2</sub> .	SI
Regulación del clima	Regulan la temperatura global, los procesos climáticos como la precipitación y el efecto invernadero.	NO
Suplemento de agua	Almacenamiento y retención de agua para reservorios hídricos y acuíferos.	NO
Protección de la costa	Amortiguan fenómenos extremos como las tormentas, los tsunamis y las marejadas.	SI
Amortiguación de las consecuencias previstas por el calentamiento global	Actúan como sistemas responsables de las propiedades amortiguadoras ante los efectos proyectados por los aumentos de temperatura y el ascenso del nivel del mar.	SI
Control de erosión y retención de sedimentos	Conservación del suelo dentro del ecosistema, prevención de deslizamientos y remoción de materiales.	SI
Formación de suelos	Intemperismo de rocas y acumulación de la materia orgánica.	SI
Ciclaje de nutrientes	Almacenamiento y reciclaje de nutrientes, fijación de N, P y de otros elementos del ciclo de nutrientes	NO
Disipador de materia y energía	Recuperación, remoción y control del exceso de compuestos orgánicos (control de la contaminación) y de nutrientes.	NO
Polinización	Movimiento de gametos para la reproducción de poblaciones	NO
Regulación de la biodiversidad	Interacciones biológicas entre organismos y con la parte abiótica del ecosistema.	SI
Refugio	Hábitat para poblaciones residentes y migratorias. Peces, aves y crustáceos.	SI

Tabla 3-10: (Continuación)

Servicios de provisión	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad
Provisión de alimento	Producción primaria transformada en alimentos, peces, moluscos y crustáceos.	SI
Provisión primaria	Producción primaria transformada en materia prima, maderas y forraje.	SI
Fibra y combustible	Madera como combustible en la cocina y los tintes de manglar para algunas artesanías.	SI
Recursos genéticos	Provisión de materiales y productos biológicos para medicina, obtención de genes y especies ornamentales.	NO
Servicios culturales	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad
Recreación y Turismo	Actividades de ocio: ecoturismo y pesca.	SI
Paisaje	Sistema de manglar como paisaje costero	NO
Espiritual	Comunidades indígenas y afro que reconocen el manglar como espacio sagrado.	NO
Ciencia y educación ambiental	Espacio para el desarrollo de investigaciones y de procesos de educación ambiental.	SI

Fuente: Elaboración propia con base en Hernández et al, 2017; Vide & Briansó, (2014)

Referente al manglar, es el ecosistema más afectado en la Isla, a través de las encuestas (Anexo B) y las entrevistas se pudo establecer que el manglar se usa para la construcción de Hoteles, Casas y como combustible para la cocina cuando se convierte en madera seca. Razón por la que la tala de manglar es constante, además de la llegada de nuevos complejos turísticos como Hostal Isla Múcura, que en 4 años de funcionamiento transformó el paisaje de la isla, se talaron algunas secciones de manglar, se rellenó una laguna costera y los cultivos de palma y otra vegetación secundaria que se encontraba en el predio, han sido reemplazados por una fuerte infraestructura turística.

La tala de manglar tiene como efecto la pérdida de los servicios ecosistémicos identificados, entre las consecuencias más graves, se encuentra la aceleración de procesos como la erosión costera, fenómeno que puede agudizarse con el ascenso del nivel medio del mar.

### **Arrecifes de coral**

Servicios ecosistémicos locales identificados en los arrecifes de coral y algunas problemáticas actuales:

Los arrecifes de coral del PNNCRSB son los más extensos de la plataforma continental colombiana. Debido a los miles de turistas que recibe al año el parque por la entrada de Cartagena hacia el archipiélago de nuestra señora del rosario, los arrecifes ubicados en el archipiélago de San Bernardo se encuentran mejor conservados.

A continuación, se presentan los servicios ecosistémicos locales identificados por la comunidad para este ecosistema (Tabla 3-11) y los servicios ecosistémicos consultados en la literatura (Tabla 3-12).

Tabla 3-11: Servicios ecosistémicos locales y percepción de pérdida por ascenso del nivel medio del mar para los arrecifes de coral.

<b>Ecosistema</b>	<b>Servicios de provisión</b>	<b>Servicios de regulación</b>	<b>Servicios culturales</b>	<b>Percepción de pérdida por el ascenso del nivel medio del mar.</b>
<b>Arrecifes de Coral</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alimento por los peces que allí se encuentran, langostas, caracoles etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sin los corales no hay peces ni tortugas.</li> <li>Sirven para proteger las islas de las grandes olas.</li> <li>Hábitat de especies</li> <li>Son refugio para peces pequeños, allí se alimentan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atracción para los turistas que vienen a bucear.</li> <li>Snorkel con los turistas.</li> <li>Belleza para la isla.</li> <li>Le dan color al mar.</li> </ul>	No se relacionó directamente con el ascenso del nivel medio del mar. Pero este fenómeno también es generado por los aumentos de temperatura en el océano que expanden el volumen del agua. Respecto al aumento de temperatura en los océanos, las consecuencias son el blanqueamiento de coral y su muerte. Sin embargo, los esqueletos de origen coralino, y el coral muerto pasa a formar el sedimento que permite la acreción en las costas. Respecto a otros servicios privaría a la comunidad de beneficios ambientales.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información recolectada a través de talleres de cartografía social, entrevistas y encuestas con la comunidad.

Los corales presentan una fuerte relación con la comunidad, son sitios de recreación y de ingresos de recursos económicos para el caserío (puerto caracol), quienes llevan a los turistas subacuáticos a planes de buceo y snorkel, son servicios que también ofrecen los complejos turísticos (Hostal Isla Múcura, Club Múcura, Hotel Punta Faro y Dahlandia). Adicional a esto anualmente universidades llegan a la Isla para realizar análisis de ecología y biología marina tomando como área de estudio los corales que allí se encuentran.

Tabla 3-12: Servicios ecosistémicos de los arrecifes de coral vs servicios locales identificados.

Servicios de regulación	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad
Refugio	Son sitios de desove y cría de especies para la pesca.	SI
Regulación de la biodiversidad	Son bancos de biodiversidad, sitios de crianza y crecimiento de especies.	SI
Control de erosión	Protección contra la erosión causada por el fuerte oleaje.	SI
Moderación de eventos extremos	Son barreras naturales para la protección costera ante eventos extremos como huracanes, tsunamis o marejadas.	SI
Regulación de la vida	Participación en la cadena trófica a través del cuidado de especies y en el ciclo de nutrientes.	SI
Regulación de sedimentos	Producción de arenas calcáreas que, con fragmentos, acumulación de sedimentos y esqueletos de organismos calcáreos contribuyen a la formación de las playas.	SI
Regulación de gases	Grandes áreas de almacenamiento del CO <sub>2</sub>	NO
Moderación calentamiento global	Eliminación del CO <sub>2</sub> que influye en el calentamiento global.	NO

Tabla 3-12: (Continuación)

<b>Servicios de provisión</b>	<b>Descripción del servicio</b>	<b>Identificado por la comunidad</b>
Provisión de alimentos	Producción primaria de alimentos, pesca de crustáceos (camarones, cangrejos, langostas), moluscos (bivalvos y gasterópodos) y equinodermos (pepino de mar-estrellas y erizos para el goce estético). Peces de diferentes especies.	SI
Recursos genéticos	Provisión de materiales y productos biológicos para medicina, obtención de genes y especies ornamentales. Fábrica de sustancias usadas para el desarrollo de fármacos.	NO
Materiales preciosos	Son fuente de materiales para la joyería	NO
<b>Servicios culturales</b>	<b>Descripción del servicio</b>	<b>Identificado por la comunidad</b>
Turismo	Prácticas de buceo y snorkel para la observación de los tipos de coral y las especies que albergan.	SI
Espiritualidad	Los corales adorados como fuerzas de mantenimiento de vida (Islas Fiji).	NO
Recreación y ecoturismo	Visitas ecoturísticas y de recreación a los arrecifes para la enseñanza de tipos de coral y especies relacionadas.	SI
Estéticos	Belleza estética de un paisaje marino.	SI
Educación ambiental	Investigaciones alrededor de los arrecifes de coral, para productos farmacéuticos, cambio climático etc.	SI
Herencia cultural	Como barrera protectora y fuerza de vida, se convierten en herencia de culturas como los raizales.	NO

Fuente: Elaboración propia a partir de (Bowdery et al., 2015), (Alva, 2015) y (Aguilera et al., 2017).

Las mayores formaciones coralinas están en el norte y noroccidente del archipiélago gracias al oleaje que se presenta en estas zonas y que propicia el desarrollo de corales



mixtos, estos se ubican en los complejos de islas: Tintipán-Islote-Múcura-Maravilla (extinta) y Mangle-Panda-Ceycén<sup>54</sup>.

Según el estudio Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia SIMAC para el PNNCRSB las siguientes son las especies más importantes de coral y la fauna asociada (Tabla 3-13):

Tabla 3-13: Especies de coral y fauna asociada en el archipiélago.

<b>Especies de Coral</b>	<b>Fauna asociada</b>	<b>Identificados por el grupo ecológico los meros sabios</b>
Coral Lechuga	Pez loro	Coral cerebro
Coral estrella de roca	Erizo de roca	Coral fuego
Coral Cerebro	Erizo negro de púas negras	Coral cacho de venado
Coral cuernos fusionados	Erizo de pato	Coral dedo
Coral esponja	Cangrejo rey del Caribe	Coral bola de golf
Coral poros bifurcados	Langosta espinosa	Coral laberinto
Coral ceniza	Peces arrecifales	-
Coral panalito	Clepticus parrae	-
Coral hongo de serpientes	Thalassoma bifasciatum	-
Coral de flores	Acanthurus bahianus	-
Coral de orugas	Acanthurus chirurgus	-
Coral de estrellitas	Halichoeres bivittatus	-

Fuente: Elaboración propia a partir de PNNCRSB (2011), y los talleres con el grupo ecológico.

Las mayores amenazas que sufren los arrecifes de coral en el archipiélago según los estudios del (INVEMAR, 2011), son los aportes del río Sinú con el incremento de sedimentos en ciertos periodos del año, los sucesivos eventos de blanqueamientos que pueden estar relacionados con los cambios de temperatura en el mar, la extracción de coral como recuerdo, la extracción de las estrellas de mar, y la elaboración de artesanías con conchas y caparazones de tortugas carey.

<sup>54</sup> Consultar el Anexo C. Arrecifes del archipiélago de San Bernardo para el 2012.

### **Playas**

Servicios ecosistémicos locales identificados en las playas y algunas problemáticas actuales:

Las playas al igual que los manglares y los corales, son ecosistemas que están a diario entrelazados con la comunidad. Isla Múcura cuenta con playas naturales: la playa pública (turistas) o conocida también como playa la punta (comunidad) y la playa el cholo que indirectamente es privatizada poco a poco por Hostal Isla Múcura. En esta playa es el único registro que se tiene de anidamiento de tortugas carey, pero la pérdida del supralitoral de la playa extinguió esta actividad; actualmente se registran anidamientos en islas cercanas como Tintipán, pues además de los procesos naturales de pérdida de playas en algunas temporadas por la condición de vientos y corrientes, o por el ascenso gradual del nivel medio del mar y algunos fenómenos extremos como marejadas (llamadas pequeños tsunamis por expertos académicos de la Isla), el turismo masivo en esta playa contribuyó para que la tortuga carey no desovara allí. A continuación, se presentan los servicios ecosistémicos locales identificados por la comunidad (Tabla 3-14) y los servicios ecosistémicos consultados en la literatura (Tabla 3-15).

Tabla 3-14: Servicios ecosistémicos locales y percepción de pérdida por ascenso del nivel medio del mar para las playas..

<b>Ecosistema</b>	<b>Servicios de provisión</b>	<b>Servicios de regulación</b>	<b>Servicios culturales</b>	<b>Percepción de pérdida por el ascenso del nivel medio del mar.</b>
<b>Playas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arena para construcción de viviendas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hábitat de especies</li> <li>• Anidación y liberación de tortugas (verde, carey, caguama)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sirve para nosotros y para los turistas</li> <li>• Hace más bonita la isla</li> <li>• Sirve para la diversión</li> </ul>	El ecosistema que más se ha perdido según la percepción de la gente, son las playas, los cambios durante el tiempo son más evidentes allí. En la playa pública ubicada al suroriente de la Isla ha perdido más de 20 m según los testimonios de la comunidad.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información recolectada en los talleres y charlas con el grupo ecológico los meros sabios y a través de las encuestas.

Referente a la pérdida de playas por el ascenso del nivel medio del mar, las personas de puerto caracol afirman que, en la playa pública hoy ocupada por 200 o 300 turistas que ingresan a la isla en la modalidad de pasadía desde Cartagena o Tolú, hace aproximadamente 10 o 15 años jugaban beisbol y fútbol. Actualmente la ocupación masiva por turistas en las playas, aunque benefician económicamente a la comunidad, han perjudicado el servicio de refugio de especies de manera indirecta.

Tabla 3-15: Servicios ecosistémicos de las playas vs servicios locales identificados

<b>Servicios de regulación</b>	<b>Descripción del servicio</b>	<b>Identificado por la comunidad</b>
Refugio	Hábitat de especies (crustáceos, poliquetos y moluscos), anidación y liberación de tortugas.	SI
Hábitat	Son hábitats esenciales para especies marinas como aves playeras y tortugas.	SI
Regulación de la biodiversidad	Sirven como sitios de alimentación o anidamiento para diferentes especies.	SI
Sitio de paso	Sitios de paso para aves y reptiles.	SI
<b>Servicios de provisión</b>	<b>Descripción del servicio</b>	<b>Identificado por la comunidad</b>
Materia prima	Arenas para la construcción de viviendas o para el relleno de playas artificiales	SI
Provisión de alimentos	Por la gran cantidad de especies que tienen como hábitat este ecosistema, provee de alimentos a la comunidad (reptiles, moluscos y equinodermos)	SI
<b>Servicios culturales</b>	<b>Descripción del servicio</b>	<b>Identificado por la comunidad</b>
Turismo	Visita diaria de turistas a la playa	SI
Recreación	Sitio de recreo y descanso para la comunidad	SI
Estético	Corresponde a la belleza estética del paisaje de playa	SI
Educación ambiental	Investigaciones sobre las partes supra, meso e infralitoral de las playas y sus especies.	SI
Ecoturismo	Las rutas ecoturísticas enseñan la playa como uno de los ecosistemas de la Isla.	SI

Fuente: Elaboración propia a partir del Plan de manejo del PNNCRSB (2006).

Referente a la fauna asociada, el grupo ecológico los meros sabios de Isla Múcura y Salvadores del Arrecife participan activamente del programa de liberación de tortugas que tiene la Fundación Sueños del Mar, el Hotel Punta Faro, PNNCRSB y la Fundación Tortugas del mar. El programa busca intercambiar las tortugas capturadas por los pescadores, por pollo o carne, es así como un pescador lleva la tortuga atrapada, por lo general son Tortugas Verdes (*Chelonia mydas*), Carey (*Eretmochelys imbricata*) -única tortuga que ha desovado en las playas del archipiélago, en la playa del Cholo al norte de Isla Múcura y en algunas playas de Tintipán-, y la Tortuga Caguama (*Caretta caretta*).

El programa ha generado grandes transformaciones culturales, pues la liberación de tortugas disminuye en cada jornada, una señal de que los pescadores han disminuido su captura y que a través de sus hijos quienes empezaron participando en el programa, comprenden la importancia de estas especies migratorias. Las tortugas evitan la sobrepoblación de medusas en las playas, controlan el crecimiento de pastos marinos y regulan las esponjas evitando que estas asfixien los corales entre otros<sup>55</sup>.

Pero además de las tortugas existen otras especies asociadas al ecosistema de playas (Tabla 3-16) ratificando su importancia como ecosistema clave de la isla, que será fuertemente afectado por el ascenso del nivel medio del mar.

Tabla 3-16: Fauna asociada a las playas e identificadas por la comunidad.

Fauna y flora asociada	Zona de la playa	Identificada por el grupo ecológico los meros sabios y observados en campo
Uva de playa	Supralitoral	SI
Tortuga Verde	Supralitoral	SI
Tortuga Carey	Supra e infralitoral	SI
Tortuga careta	S.I.	Identificada pero no observada
Chipi	Mesolitoral	SI
Galletas de mar	Infralitoral	NO
Erizos	Infralitoral	SI

<sup>55</sup> Información obtenida a través de la participación en la jornada de liberación de tortugas el 1 y 2 de marzo de 2019. Consultar Anexo D. Jornada de liberación de tortugas.

Tabla 3-16: (Continuación)

Fauna y flora asociada	Zona de la playa	Identificada por el grupo ecológico los meros sabios y observados en campo
Cangrejo fantasma	Supralitoral	NO
Cangrejo ermitaño	Mesolitoral	SI
Cangrejo azul	Infralitoral	SI

Fuente: Elaboración propia a partir de la observación en campo, la participación de actividades con el grupo ecológico los meros sabios y el Plan de manejo del PNNCRSB (2006) (PNNCRSB, 2006).

### **Lagunas costeras e interiores**

Servicios ecosistémicos locales identificados en las lagunas y algunas problemáticas actuales:

Las lagunas costeras en el archipiélago son identificadas solo para la Isla de Tintipán, sin embargo, existe una laguna o ciénaga de manglar, que la comunidad señala como ecosistema. Se ubica en el suroriente, en la parte trasera de la playa pública. Actualmente el uso del ecosistema por parte de los restaurantes ubicados en la playa pública, es inadecuado, allí depositan los residuos de toda clase en el transcurso del pasadía de los turistas. Sin embargo, empezaron planes hace dos semanas con la empresa Aseo Urbano de la ciudad de Cartagena, para intervenir en la Isla con programas de manejo adecuado de residuos sólidos, apoyados por la FAO<sup>56</sup>.

Aunque el ecosistema de lagunas en la Isla es con el que menos se identifica la comunidad, se pudieron establecer los servicios ecosistémicos locales (Tabla 3-17) para posteriormente comparar la información primaria, con los servicios ecosistémicos consultados en la literatura (Tabla 3-18).

---

<sup>56</sup> Información obtenida a través de entrevistas durante la visita de Aseo Urbano, Cardique y la FAO.

Tabla 3-17: Servicios ecosistémicos locales y percepción de pérdida por ascenso del nivel medio del mar para las lagunas.

Ecosistema	Servicios de provisión	Servicios de regulación	Servicios culturales	Percepción de pérdida por el ascenso del nivel medio del mar
Lagunas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesca</li> <li>• Agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desintoxicación de aguas</li> <li>• Hábitat conjunto con el manglar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son bonitas para la Isla</li> <li>• Visitadas por los turistas (tour de plancton en Tintipán)</li> </ul>	El ascenso del mar ya interviene la laguna, por el intercambio de aguas con los cambios de marea durante el día.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información recolectada en campo.

Tabla 3-18: Servicios ecosistémicos de las lagunas vs servicios locales identificados

Servicios de regulación	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad
Regulación de perturbaciones	Amortigua fenómenos extremos como las marejadas	SI
Reciclaje de nutrientes	Almacenamiento y reciclaje de nutrientes, fijación de N, P y de otros elementos del ciclo de nutrientes	NO
Refugio	Hábitat para especies, salacunas de peces arrecifales, de moluscos y crustáceos	SI
Suplemento de agua	Almacenamiento y retención de agua para reservorios hídricos y acuíferos.	SI
Servicios de provisión	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad
Recursos genéticos	Provisión de materiales y productos biológicos	NO
Provisión de alimento	Producción primaria transformada en alimentos, peces, moluscos y crustáceos.	SI
Servicios culturales	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad
Estética	Belleza como paisaje marino-costero.	SI (Laguna de la Isla Tintipán)
Recreación y Turismo	Rutas guiadas para visitar las lagunas y observar fenómenos como fitoplancton bioluminiscente y medusas bioluminiscentes.	SI (Laguna de la Isla Tintipán)

Fuente: Elaboración propia a partir de la información recolectada en campo y del Plan de Manejo del PNNCRSB (2006).

La laguna Salsipuedes en Tintipán (Figura 3-27), es identificada fuertemente por la comunidad como laguna costera, siendo usada por la mayoría de los pescadores, ecoguías y guías turísticos para la ruta de plancton (ruta donde se observa el fenómeno de bioluminiscencia de algas y en algunas temporadas del año, el aumento de medusas que también presentan esta condición) en la noche y con luna nueva. Este fenómeno no se presenta en la laguna de Isla Múcura y actualmente no es apta para bañarse por los residuos que son depositados allí. Durante los talleres de percepción donde se indago por las topofilias (lugares de gusto) y las topofobias (lugares de miedo o de poco interés), una de las topofobias señaladas era esta laguna.

La otra laguna existente hace 4 años y rodeada de manglar, pues son ecosistemas con una fuerte interacción, fue rellenada por el Hostal Isla Múcura para la construcción del complejo turístico. Para mitigar estos daños por la tala de manglar y los rellenos de lagunas, los grupos ecológicos de los meros sabios y salvadores del arrecife realizan jornadas de restauración y siembra de manglar.

Figura 3-27: Laguna costera Sal si puedes en Tintipán



Fuente: Karem Acero (mayo, 2018).

**Ecosistemas no identificados por la comunidad**

Durante los talleres, las entrevistas y los recorridos de campo realizados con la comunidad y junto a funcionarios de Parques Nacionales, se evidenció que en Puerto Caracol la gente no reconoce algunos ecosistemas como los pastos o praderas marinas, el bosque seco tropical (solo alguna vegetación secundaria como la moringa, o los cultivos de coco que lo reemplazaron) y el litoral rocoso. Estos ecosistemas que también hacen parte de Isla Múcura ya fueron descritos, a continuación, se mencionaran algunos de los servicios ecosistémicos locales, a partir de información secundaria y de las observaciones de campo.

**Praderas o pastos marinos**

Las praderas o pastos marinos son un ecosistema de vital importancia para el mantenimiento de las especies animales que comercia la comunidad de Puerto Caracol, almacenan una gran cantidad de nutrientes, su cobertura es refugio para juveniles de Caracol Pala, animal en vía de extinción, razón por la que algunos investigadores recomiendan declarar la isla como zona intangible o como área de crianza.

Algunos servicios ecosistémicos del ecosistema de pastos marinos se presentan a continuación (Tabla 3-19).

Tabla 3-19: Servicios ecosistémicos locales de los pastos marinos.

Servicios de regulación	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad
Regulación de perturbaciones	Protección de las costas contra tormentas, huracanes y mares de leva.	NO
Reciclaje de nutrientes	Estabilización de la línea de costa y control de la erosión.	NO
Formación de sustrato	Promueven la sedimentación, inhiben la suspensión de partículas.	NO
Suplemento de agua	Mitigación al cambio climático	NO



Tabla 3-19: (Continuación)

Servicios de provisión	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad
Hábitat	Hábitats para la vida marina. Tortuga verde.	NO
Refugio	Conservación de especies. Sitio de crianza de peces, crustáceos y moluscos. Caracol Pala que está en vía de extinción.	NO
Filtrado de partículas contaminantes.	Agua de buena calidad	NO
Provisión de alimentos	Provisión de alimento, pesca. Alimento para tortugas, aves, peces e invertebrados.	NO
Servicios culturales	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad
Estética	Belleza como paisaje marino-costero. Valor intrínseco de las especies.	NO
Recreación y Turismo	Ecoturismo	NO

Fuente: Adaptado a partir de (Cervantes & Quintero, 2016).

### **Bosque seco tropical**

Como se ha descrito en la Isla no existe el ecosistema bosque seco tropical, solo algunos relictos y vegetación secundaria relacionada con especies como la pringamoza, el matarratón y la moringa, y algunos árboles frutales como la papaya, el anón y el níspero. Actualmente la Isla está ocupada en su mayoría por palmas de coco, que las personas reconocen como un ecosistema de vital importancia para su sustento. El coco se convierte en la moneda transaccional, es vendido a los comerciantes de la playa turística, que provienen del Islote de Santa Cruz quienes a su vez lo transforman en bebidas y productos para los turistas.

Algunos servicios ecosistémicos del ecosistema de Bosque seco tropical se presentan a continuación (Tabla 3-20).

Tabla 3-20: Servicios ecosistémicos del Bosque Seco Tropical.

Servicios de regulación	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad
Biodiversidad	Son bancos genéticos in situ	NO
Mitigación Cambio climático	Almacenamiento de carbono	NO
Polinización	Polinización	NO
Regulación hídrica	Evita inundaciones por reabsorción del agua	NO
Servicios de provisión	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad
Hábitat	Hábitats para la vida silvestre. Insectos para el control de plagas y vectores.	NO
Provisión de alimentos	Provisión de alimento, leguminosas y frutales. Mamoncillo	NO
Servicios culturales	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad
Estética	Belleza como paisaje. Valor intrínseco de las especies.	NO
Recreación y Turismo	Ecoturismo	NO

Fuente: Elaboración propia a partir de (IAVH, 2014).

### **Litoral Rocososo**

El litoral rocoso al igual que las praderas de pastos marinos, son los ecosistemas con los que la gente tiene menos relación, es visto como una estructura dura de la Isla, pero no como un sistema biodiverso. Sin embargo, peces y moluscos que habitan allí, hacen parte de la dieta alimentaria de la comunidad. Es un ecosistema que ha sido poco estudiado a nivel nacional, sus mayores extensiones se encuentran en el Pacífico y en algunos acantilados en el Caribe, y sus servicios ecosistémicos no son fácilmente reconocibles.

Algunos servicios ecosistémicos del ecosistema de litoral rocoso se presentan a continuación (Tabla 3-21).

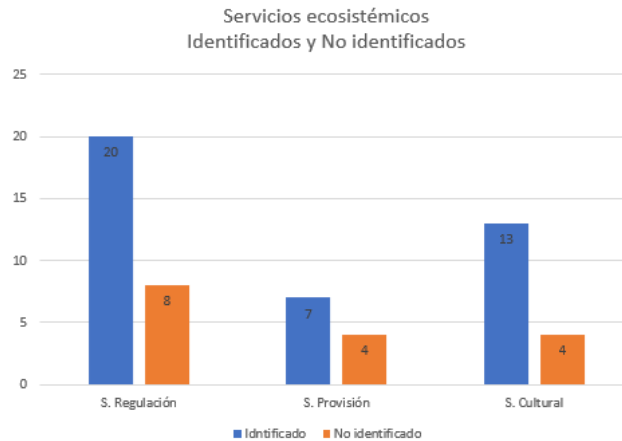
Tabla 3-21: Servicios ecosistémicos del litoral rocoso.

Servicios de regulación	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad
Regulación de perturbaciones	Protección de las costas contra tormentas, huracanes y mares de leva. Defensa costera.	NO
Reciclaje de nutrientes	Estabilización de la línea de costa y control de la erosión.	NO
Formación de sustrato	Generación de sedimentos.	NO
Servicios de provisión	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad
Hábitat	Hábitats para vertebrados e invertebrados	NO
Provisión de alimentos	Provisión de peces, algas y moluscos para la comunidad.	NO
Refugio	Conservación de especies	NO
Servicios culturales	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad
Estética	Belleza como paisaje marino-costero. Valor intrínseco de las especies.	NO
Recreación y Turismo	Ecoturismo	NO

Fuente: Elaborada a partir de (INVEMAR, 2015).

Finalmente se pudo establecer que la comunidad de Puerto Caracol reconoce 4 ecosistemas, el manglar, los arrecifes coralinos, las playas y las lagunas costeras, que en conjunto proveen aproximadamente 56 servicios ecosistémicos locales (Figura 3-28).

Figura 3-28: Servicios regulares, de provisión y culturales en Isla Múcura para ecosistemas identificados.

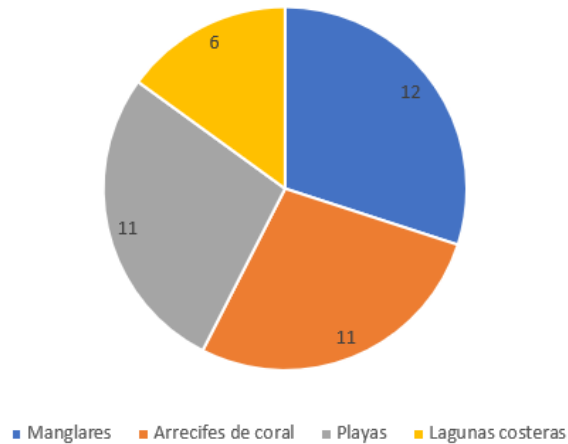


Fuente: Elaboración propia

La comunidad identificó 40 servicios ecosistémicos locales (de provisión, regulación y culturales) donde el manglar fue el ecosistema en el que más servicios fueron identificados (Figura 3-29).

Figura 3-29: Servicios ecosistémicos identificados por ecosistema.

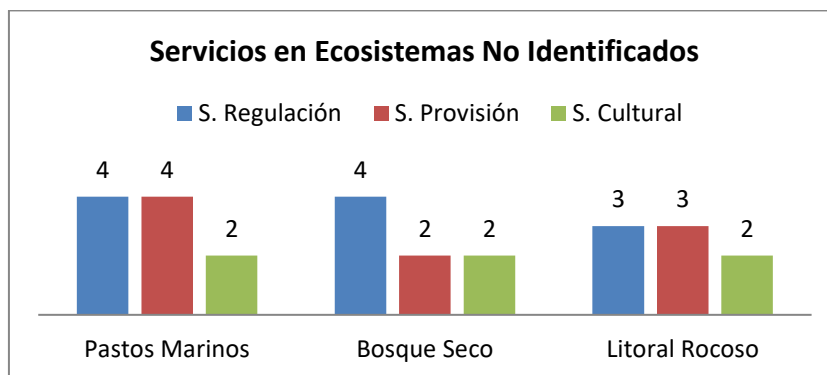
Total servicios ecosistémicos por Ecosistema identificado



Fuente: Elaboración propia

Existen 3 ecosistemas como las praderas de pastos marinos, el bosque seco tropical y el litoral rocoso que forman un mosaico de ambientes para diversidad de especies en el archipiélago, pero que para los isleños son ecosistemas que no se reconocen con facilidad. Allí se identificaron 26 servicios ecosistémicos, la mayoría son servicios de regulación (Figura 3-30).

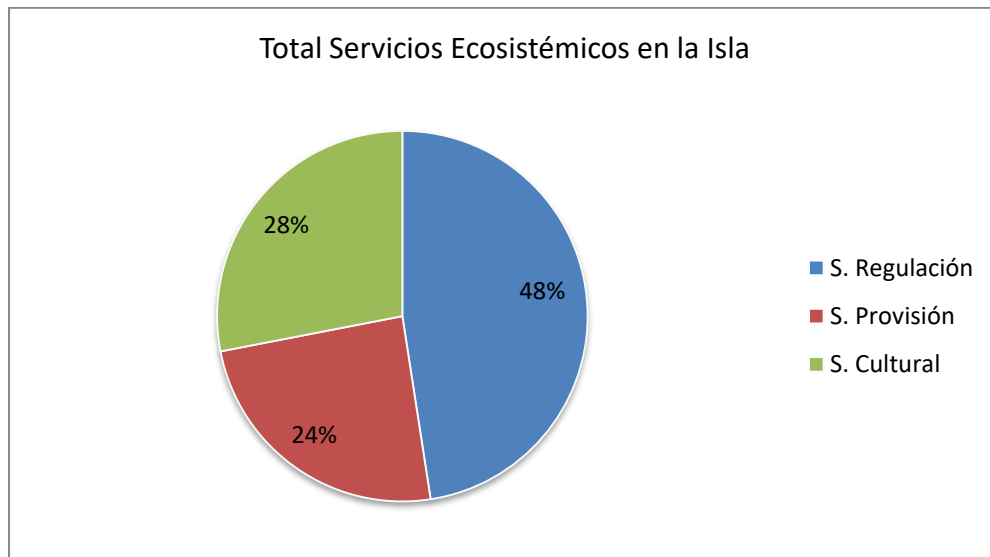
Figura 3-30: Servicios ecosistémicos locales en ecosistemas no identificados.



Fuente: Elaboración propia

Fue posible entonces identificar con la comunidad y a través de información secundaria **82 servicios ecosistémicos locales**, que permiten la continuidad de la relación entre la isla como ecosistema y los actores que en ella se ubican, como culturas (Figura 3-31).

Figura 3-31: Servicios ecosistémicos locales.



Fuente: Elaboración propia.

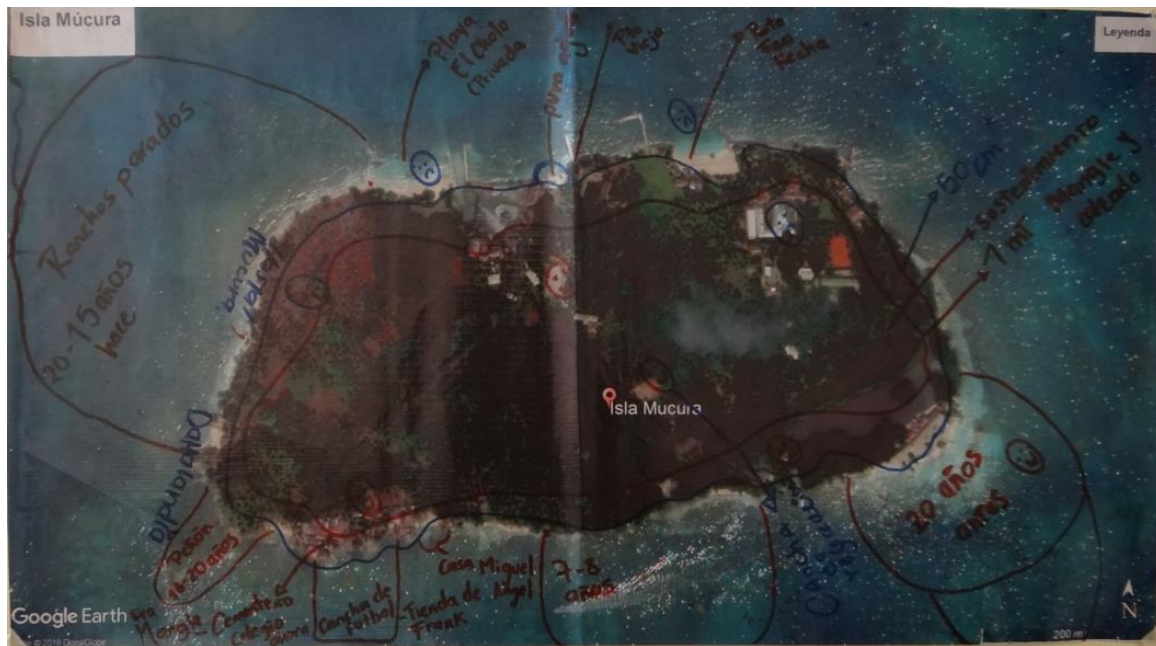
### 3.5 Percepción del fenómeno de ascenso del nivel medio del mar y su relación con los S.E.L.

Como se explicó en la metodología los talleres de cartografía social y/o participativa tenían como finalidad conocer los espacios percibidos por la comunidad, que son los espacios donde se materializan y desarrollan las relaciones. A continuación, se presentan las cartografías participativas (Figuras de la 3-32 a la 3-37) realizadas, donde se recoge la percepción que tiene la comunidad sobre el fenómeno del ascenso del nivel del mar, comparando el pasado con dos escenarios futuros de aumento del nivel medio del mar en 50 cm y 1 m.

El primer taller se realizó con mujeres de diferentes edades en Puerto Caracol, algunas preguntas orientadoras empezaron con el gusto por los lugares, allí identificaron las topofilias y las topofobias en la Isla. Como topofobias aparecen el predio del Hostal y la

playa el cholo, playa que tiene restricciones de acceso por parte del Hostal Isla Múcura a pesar de la condición de las playas como áreas públicas de toda la nación. Antes de que llegara el Hostal, era la playa que preferían las personas de la comunidad, debido a la ocupación por el turismo masivo de la playa pública. También como topofobia se señaló la playa artificial creada por el Hotel Punta Faro, que es una playa artificial privada, a la que solo tienen acceso los huéspedes del Hotel.

Figura 3-32: Cartografía participativa realizada por mujeres



Fuente: Cartografía elaborada por grupo de mujeres de la comunidad (mayo, 2018).

La cancha de fútbol que se encuentra en los predios de Club Múcura era otro lugar de gusto y de referencia para la comunidad, pero ahora es un sitio al que no tiene acceso ninguna persona por restricciones del Club, razón por la que algunos partidos se juegan en la playa pública, recordando como hace 20 años aproximadamente, la playa en su parte supralitoral era más ancha y larga (la observación se puede ver en el suroriente de la Figura 3-32).

Adicional a la percepción de pérdida de playas en la punta (playa pública) y playa el cholo al noroccidente de la Isla, las personas afirman que, en el Peñón y Peñoncito en el occidente de la Isla, alguna vez hubo quioscos para la recreación y la Isla llegaba hasta ese punto.

Respecto a las islas pérdidas mencionan que Isla Maravilla se sumergió hace 2 años aproximadamente, la Isla Carivanita hace 57 años al igual que Isla Pérdida junto al islote de Galera (Figura 3-33).

Figura 3-33: Participantes de la Cartografía con mensajes para la Isla



Fuente: Fotografía tomada por Karem Acero (agosto, 2018).

En cuanto a los mensajes para la Isla y la opción de reubicación en el continente, la estrecha relación que la comunidad tiene con el lugar genera sentimientos de rechazo ante la idea de abandono de la Isla. En la cartografía es posible observar en color verde el escenario que se imagina la comunidad si el nivel medio del nivel del mar asciende 50cm, el siguiente polígono en rojo, refleja una tasa de aumento del nivel medio del mar hasta de 1m, los ecosistemas que se perderían son: las lagunas costeras, los manglares, las playas y se inundarían algunos terrenos de Puerto Caracol, convirtiendo a la comunidad en la más vulnerable ante el fenómeno.

El mismo taller se realizó con un grupo de hombres entre los 10 y 54 años (Figura 3-35), que han vivido siempre en la Isla. Como referente espacial en la imagen satelital también

señalan la pérdida de playas como el cholo y la punta, pero en menor proporción y con medidas de pérdida playa en la parte norte de 3 m y 2 m respecto al ancho desde hace 30 años, y pérdidas en la playa pública hacia el suroriente de 12 m, ratifican la versión de la playa como cancha de fútbol hace 17 años. Además, identifican como topofobias la playa del cholo por la privatización del Hostal Múcura y por el relleno de la laguna de manglar que hicieron y Club Múcura porque son predios a los que no tienen acceso. Como topofilias identifican el caserío, mostrando una fuerte relación con su territorio, el pozo de agua dulce manegume que es el abastecimiento de agua dulce cuando no llueve en la Isla y el Peñón, antiguo lugar emergido de la Isla donde hoy se dedican a la pesca.

Figura 3-34: Cartografía participativa realizada por hombres



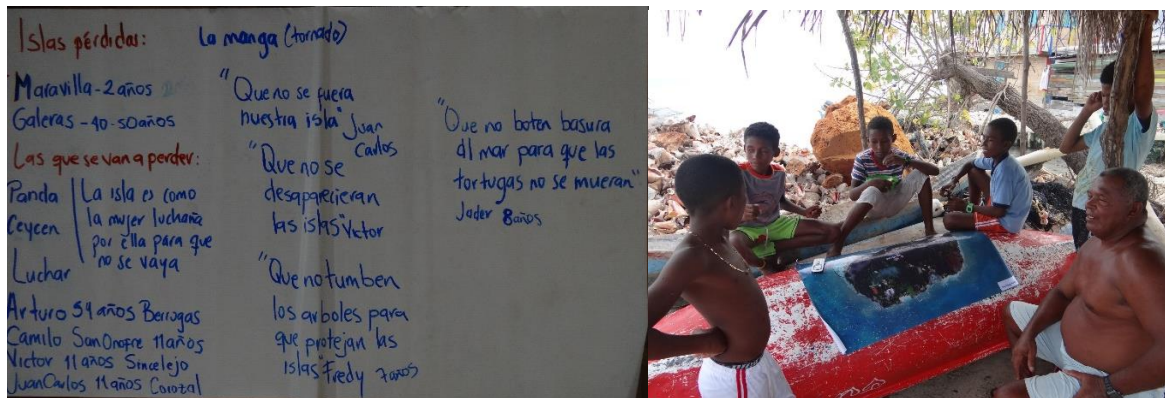
Fuente: Cartografía elaborada por grupo de hombres de la comunidad (mayo, 2018).

Referente a los dos posibles escenarios de aumento del nivel medio del mar con 50cm y 1m, creen que la Isla continuaría dividiéndose por la zona del puente del amor, puente



hecho hace 3 años para atravesar del muelle público al caserío pues hace 6 años era posible darle la vuelta a la Isla por un sendero<sup>57</sup>.

Figura 3-35: Participantes de la cartografía con mensajes para la Isla



Fuente: Fotografía tomada por Karem Acero (mayo, 2019).

En torno a las Islas pérdidas mencionan que Maravilla se hundió hace 2 años, información que se ratificó con las encuestas y en donde varias personas de la comunidad culpan a PNN (o medio ambiente, nombre que usa la comunidad), por la prohibición de calzar la Isla y así recuperarla, también mencionan la Isla Galeras desaparecida hace 40 años. Respecto a las Islas que consideran se van a perder pronto mencionan Panda y Ceycén, por acciones antrópicas como la tala de manglar para la obtención de madera y la extracción de arena para las construcciones. Las dos islas actualmente se encuentran divididas.

Para finalizar se realizó el taller con Guido López funcionario actual del PNNCRSB en Múcura y Luis Pérez ex funcionario del INVEMAR que vivió durante 30 años en la Isla. Los dos identificaron los principales ecosistemas de la Isla como el bosque de manglar, las especies presentes (Mangle Zaragoza, Amarillo, Rojo), las playas ubicadas en Dahlandia SO, la playa del Caserío SO, la playa del Cholo al NO, la playa artificial del Hotel Punta Faro al NE, donde se realiza la liberación de especies (tortugas carey, caguama, verde, caracol pala y el pulpo), la playa de la punta y la ratificación de su uso como cancha de juego hace 30 años, también señalan los relictos de bosque seco muy tropical con especies

<sup>57</sup> Referencia personal. Visitas a la Isla en el 2012, 2018 y 2019 donde se pudo observar el cambio.

como el matarratón, el totumo y los robles, algunas lagunas rellenas y la laguna interior cerca de la playa la punta (Figura 3-36).

Figura 3-36: Cartografía participativa de funcionarios de PNNCRSB



Fuente: Cartografía realizada por Guido López, funcionario del PNNCRSB.

Finalmente, la percepción de los dos escenarios posibles de 50 cm y 1 m en la tasa de aumento del nivel medio del mar, ubican los puntos más bajos, como la playa el Cholo y los puntos más altos, como el Faro en el Hotel Punta Faro, con una altura aproximada de 2 m, y cerca al caserío con una altura aproximada de 1,5 m donde actualmente se presentan fuertes procesos de erosión (Anexo E).

En el análisis de la imagen satelital, se planteó el escenario con 50 cm de incremento, afirmando que se inundaría el 10% de la Isla, pero quedaría inundado todo el caserío, y la laguna interior ya estaría conectada con el mar. También se perdería el muelle de Club Múcura y la playa artificial del Hotel Punta Faro. En el escenario con 1 m se percibe que se inundaría el 30% de la Isla y el sector menos afectado sería el nororiente donde se ubica el predio del Hotel Punta Faro (Figura 3-37).

Figura 3-37: funcionario de PNNCRSB analizando posibles escenarios de ascenso del nivel medio del mar



Respecto a la desaparición de las Islas, hacen referencia a Isla Maravilla, y a Isla Caribana cerca de Ceycén, y como próximas a desaparecer, mencionan la Isla Mangle por su extensión y poca altura topográfica, y la Isla Panda y Ceycén por la división que actualmente tienen (Anexo F).

Actualmente la comunidad y los dueños de los hoteles han sufrido marejadas o pequeños “tsunamis”, que al parecer son producidas por los residuos de las fuerzas de Huracanes en el Caribe centroamericano. Sin embargo, se deben realizar estudios para confirmar esta percepción. Con las marejadas que inundan predios como Dahlandia, los quioscos de Hostal Múcura y el caserío por completo, se puede predecir que con aumentos de 50 cm y 1m en el nivel medio del mar, las marejadas podrían llegar a afectar los predios más altos como el Hotel Punta Faro.

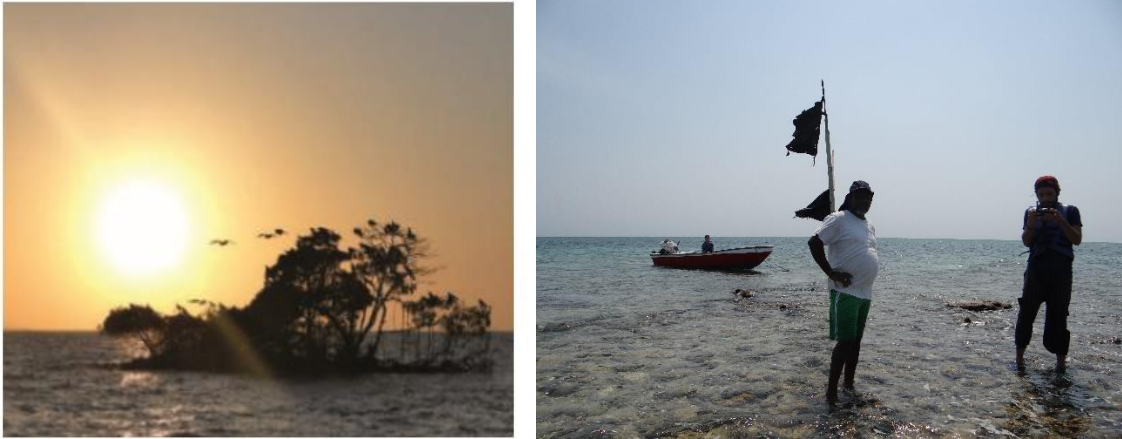
Como evidencia fotográfica del ascenso del nivel medio del mar se presenta una imagen comparativa de la Isla Maravilla en 2011 y 2019 cuando era una Isla emergida (Figura 3-38-39), esta es la mayor prueba de desaparición de las Islas en el archipiélago y de la pérdida de servicios ecosistémicos, pues la Isla era sitio de paso para aves migratorias y lugar de observación de aves para turistas. Actualmente se pueden pisar los restos de litoral rocoso de Maravilla, que están inundados entre 30 cm y 50 cm.

Figura 3-38: Fotografía aérea de Isla Maravilla sumergida



Fuente: Johan Coronado (febrero, 2019).

Figura 3-39: Fotografías comparativas antes y después en Isla Maravilla



Fuente: (INCODER & UJTL, 2014); Karem Acero (febrero, 2019) izq.

Durante el último trabajo de campo, se realizó la visita a Isla Maravilla para comparar el terreno inundado actualmente, que hasta hace 4 años era sitio de paso para aves migratorias. En la imagen de la derecha se observa el litoral rocoso y lo que queda de base de la Isla, en la imagen izquierda se observan los últimos relictos de manglar de la Isla perdiendo terreno por la intrusión del mar.

## 4. Efectos ambientales potenciales

Los proyectos, obras y actividades antropogénicas originan efectos ambientales que pueden ser definidos como los cambios generales en los componentes físico, biótico, social, económico y cultural (Sánchez, 2011), estos efectos generan impactos ambientales en el agua, la atmósfera, la flora, fauna, patrones de consumo etc.

Estos cambios generales también están asociados a fenómenos naturales que fueron acelerados por las actividades antrópicas, como el calentamiento global y con ello el ascenso del nivel medio del mar, en relación con los efectos del ascenso del nivel medio del mar existen análisis a nivel global, regional y local, estudios que evidencian las posibles pérdidas de hábitat para especies endémicas, la exposición de varias ciudades capitales y la pérdida de Estados que empiezan a sumergirse poco a poco como las Maldivas, que pierde fronteras y territorios con cada centímetro de aumento del nivel medio del mar, crecerán los refugiados climáticos que hoy viven sobre las líneas costeras y se han analizado los efectos negativos del aumento, en el retroceso y pérdida de los manglares, que a su vez son la barrera protectora natural contra tsunamis, mares vivas, las marejadas astronómicas, ciclones, entre otros (Kumano, 2016; Pabón, 2003<sup>a</sup>; Strauss et al., 2015).

A continuación, se presentan los efectos ambientales del ascenso del nivel medio del mar en Colombia, se retoma el estudio del INVEMAR y MADS (2003) relacionado con el aumento del nivel del mar para el archipiélago de San Bernardo y la identificación de algunos efectos ambientales sobre la isla, generados por el aumento del nivel medio del mar y que pueden causar la pérdida de algunos servicios ecosistémicos.

Para analizar los efectos ambientales potenciales del ascenso del nivel medio del mar, se consultaron diferentes fuentes de información secundaria donde se documentan los efectos en diferentes escenarios, además se usó la Matriz de Frederic Vester, construida

con la Junta de Acción Comunal para la identificación de causas y consecuencias del fenómeno en la Isla.

#### **4.1 Efectos ambientales del ascenso del nivel medio del mar en los territorios caribeños insulares**

El aumento relativo del nivel medio del mar es una de las mayores causas de impacto para el territorio insular del Caribe, que afecta principalmente arrecifes de coral, manglares, lagunas costeras, estuarios y playas (Posada et al., 2011).

Según el INVEMAR y MADS (2003) los efectos principales por el rápido ascenso del nivel del mar que pueden afectar las costas colombianas en escenarios de 30 cm (2030) y 1 m (2100) de aumento, son **la salinización de acuíferos y terrenos por la intrusión de la cuña salina, la inundación de las zonas litorales bajas y el aumento en la erosión de las zonas litorales.**

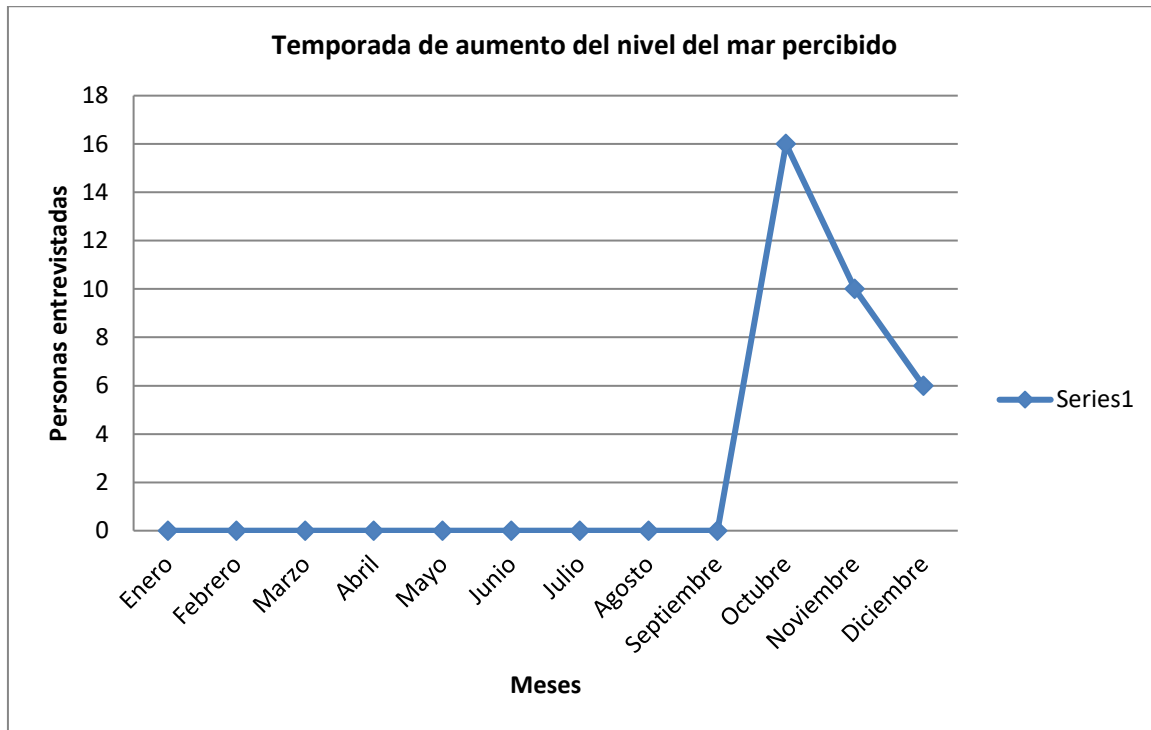
**Los efectos erosivos** serían extensivos en costas que a nivel geomorfológico estén clasificadas como costas bajas, por su gradiente topográfico bajo y la movilidad constante de sus sedimentos y/o formas depositacionales, los campos de dunas, los playones y playas, las espigas y barras y los salares o zonas de inundación serían los más expuestos (INVEMAR y MADS, 2003).

La erosión costera que está influenciada por dos procesos, los atmosféricos, como la escorrentía y los marinos, como la acción del oleaje, además de los factores naturales característicos de estos archipiélagos que agravan el fenómeno, dentro de esos factores esta la fragilidad de las formaciones coralinas que son el sustrato de las islas, son solubles en agua y con porosidades altas, propensas a la destrucción con los impactos del oleaje, algunas tormentas tropicales y coletazos de huracanes en el Caribe<sup>58</sup> que se presentan comúnmente en el segundo semestre del año y se suman a ello, los mares de leva (Figura 4-1), también están las intervenciones antrópicas en las costas (Posada et al., 2011).

---

<sup>58</sup> En entrevistas con el profesor Fabio Flórez, experto académico que vive en la isla hace varios años, se plantea la posibilidad de que coletazos de huracanes en el Caribe sean la causa de la inundación frecuente de sectores de la Isla sobre todo en el segundo semestre del año. La comunidad con las encuestas afirmó que es en el segundo semestre cuando más se inunda la isla.

Figura 4-1: Percepción de la comunidad sobre aumento estacional del nivel del mar.



Fuente: Elaboración propia

Posada et al. (2011) calculan para el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo una erosión en el 39% de sus litorales y en el 63% de sus playas. Los procesos erosivos más altos se presentan en Isla Grande, en Tintipán y Múcura, además en Isla Fuerte el 50% de su litoral presenta erosión, el mar golpea directamente las formaciones de manglar y las terrazas coralinas que allí se encuentran.

Tabla 4-1: Erosión costera asociada a las geoformas en los archipiélagos.

<b>Erosión costera asociada a las diferentes geoformas en las islas del Rosario y San Bernardo</b>			
<b>Geoformas del borde costero</b>	<b>Longitud en km</b>	<b>Longitud con erosión en km</b>	<b>Longitud con obras de protección en km</b>
Costa con playa	6.631	4.162	1.686
Costa con terrazas coralinas	26.906	10.564	3
Costa con pantanos intermareales	36.465	12.384	0.406
Longitud total de la línea de costa	70.002	27,11	5.092

Fuente: Adaptada de (Posada et al., 2011).



Con relación con los terrenos que **inundará** el rápido ascenso del nivel del mar se tiene para el Caribe que las costas bajas en su clasificación geomorfológica, y que no superan el 1.5m de altura, serán las más afectadas, adicionalmente muchas de estas geoformas se encuentran conformadas por beach ridges o sucesiones de crestas de playa y por lagunas costeras o interiores que irán aumentando la inundación, que sería progresiva por la inundación de los sectores lagunares internos, junto a la inundación progresiva de la línea de costa, afectando potencialmente las playas, las salares, dunas y lagunas costeras interconectadas (INVEMAR & MADS, 2003).

Por último **la intrusión salina** con un aumento rápido del nivel del mar, puede afectar ecosistemas costeros como los estuarios o generar la salinización de los acuíferos por filtración, el efecto sobre los acuíferos sería una grave consecuencia para el sector de Tolú-Coveñas, de donde la población extrae el recurso hídrico para su abastecimiento (INVEMAR & MADS, 2003).

La intrusión salina como uno de los grandes efectos del incremento del nivel del mar, es estudiada hasta hace poco. En algunos acuíferos costeros, de la provincia de Buenos Aires, se han realizado estudios de salinización de acuíferos con escenarios de aumento del nivel del mar en 1 m, y sugiriendo un avance de la intrusión de 38 m, con una carga hidráulica constante, se presentaría un avance de la intrusión marina en 200 m, generando graves consecuencias en el acuífero, llevando al desabastecimiento del recurso de agua dulce a los habitantes del sector (Carretero et al., 2012).

Los tres efectos descritos anteriormente se han presentado y se presentan hoy en día en Isla Múcura, además pueden agudizarse con el incremento del nivel medio del mar en escenarios futuros. A continuación, se presentan los efectos observados<sup>59</sup> durante las salidas de campo a la Isla.

---

<sup>59</sup> Los efectos ambientales observados durante las salidas de campo se describen con mayor profundidad en el numeral 4.2. Efectos ambientales visuales.

### ***Efectos ambientales potenciales probables en Isla Múcura***

Algunos de los efectos ambientales generados por el ascenso del nivel medio del mar, como **la erosión, la inundación y la intrusión salina** hacen parte de los cambios físicos en el tiempo que ha tenido la Isla y que son relatados por la comunidad, a través de las entrevistas y con la construcción conjunta de las cartografías sociales y participativas.

Respecto a la erosión, las playas del Cholo y la Punta, redujeron su extensión, en estas playas históricamente existió anidación de tortugas carey, la punta, era el espacio público elegido por la comunidad para jugar futbol, hoy en día solo es la playa de los turistas y hacia el Cholo se privatizaron algunos caminos.

Con relación a la inundación algunos sectores como el peñón y peñoncito, cerca al Hostal Dahlandia y a Puerto Caracol, hoy están desconectados de la Isla, antes eran sitios de esparcimiento para la comunidad.

Y algunos rastros de intrusión salina son evidentes en los caminos que se recorrían hace 7 años en la Isla, que podía caminar por el borde, actualmente se construyó un puente, llamado el puente del amor en el sur de la isla, donde la pequeña laguna interior (998 m<sup>2</sup>) ya está conectada con el mar, además la intrusión salina, sumada a la inundación de la laguna generaron el retroceso del bosque de manglar y la pérdida de algunos individuos<sup>60</sup>, en el costado suroriental donde está la laguna más grande, también existe una conexión con el mar, cuando la marea es alta la laguna inunda los manglares cerca a los sectores del Hotel Punta Faro y la cabaña de Parques.

La intrusión salina al parecer salinizó dos de los tres pozos que tiene la Isla según Zarza y Gómez (2011), quienes analizaron que los pozos poco profundos de 1,8 m y 1,5 m presentaban una salinidad alta, mientras que el pozo más profundo manegume con 4,5 m mantiene aguas dulces oligohalinas de 1,7ppt, como su profundidad supera la altura máxima de la Isla que es 2 m, en el estudio se concluye que puede ser un acuífero que aún se encuentra sin salinizar, sin embargo con el aumento del nivel del mar, este pozo

---

<sup>60</sup> Información obtenida en campo.

que abastece a la comunidad en tiempos de sequía puede correr peligro si las aguas dulces son superadas por las aguas salobres.

Estos fenómenos que están interconectados también se presentan en las islas alrededor que ya sufrieron los efectos señalados aquí, Isla Maravilla con una pequeña área de 0,02 ha en el año 2014, fue inundada poco a poco, hay registros de su existencia en 1993 cuando ocupada 300 m<sup>2</sup>, con una escasa vegetación de 6 arbustos de *Avicennia germinans* o mangle negro (Patiño & Flórez, 1993) que hoy ya no existen, al parecer la tala del *Rhizophora mangle* o mangle rojo aceleró su desaparición (Figura 4-2).

Figura 4-2: Fotografías comparativas del antes y el ahora de "Isla" Maravilla.



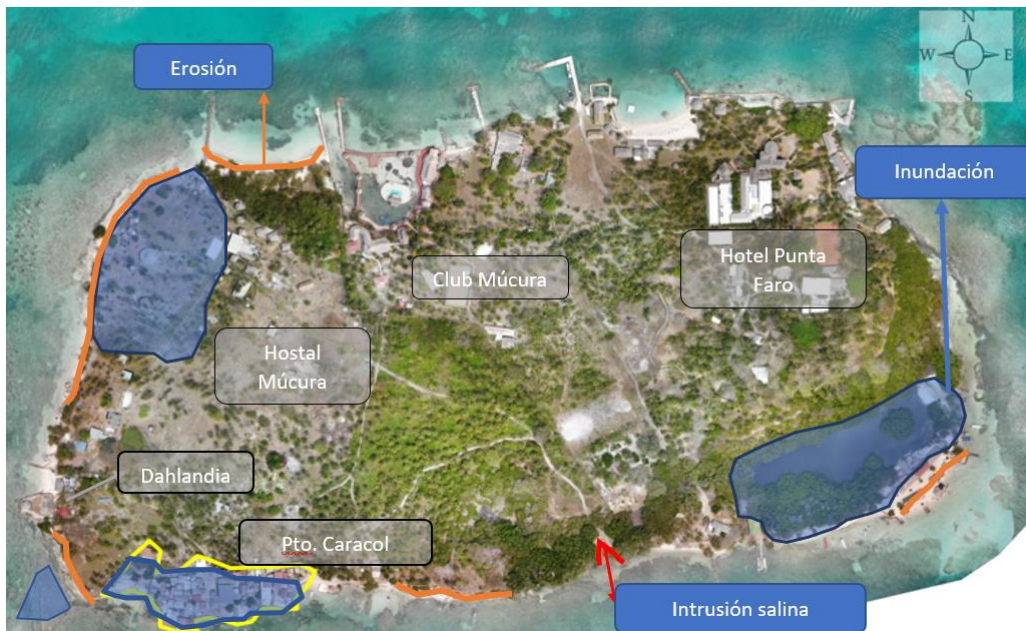
Figura: Fotografía superior de Patiño & Flórez (1993). Fotografía inferior de Karem Acero (2019).

Durante las entrevistas la comunidad manifestó que al querer recuperar isla Maravilla a través de la restauración de manglar para evitar su desaparición, funcionarios de PNN Corales del Rosario y San Bernardo no lo permitieron, porque Isla Maravilla junto a Isla Mangle eran los únicos terrenos emergidos pertenecientes al parque. Aquí se realizaba avistamiento de aves, pues el archipiélago es una de las rutas migratorias de aves del

Norte y Centroamérica hacia el sur (Patiño & Flórez, 1993), un servicio cultural que en esta Isla ya no existe. Para Isla Mangle, que hoy ocupa 3,87 ha, y que está en el recorrido de avistamiento de aves realizado por PNNCRSB cada año en el día mundial de la observación de aves, el futuro pareciera ser el mismo que el de Maravilla, es una isla con arbustos de manglar, pendientes muy bajas y que no puede ser visitada por turistas ni pescadores según el Plan de manejo del parque (PNNCRSB, 2006).

Ceycén, Panda y Múcura presentan unas geoformas similares, con costas bajas (playas) que están rodeadas de cuerpos lagunares interiores y costeros. Razón por la cual la inundación de estas islas se vería acelerada. En la temporada de lluvias y con marea alta, se observó que la laguna suroriental de Isla Múcura inundaba los terrenos aledaños a la cabaña de Parques y lograba cruzar el sector de la playa de la punta (Figura 4-3). A la inundación se le suman las intervenciones antrópicas de tala y extracción de arenas para construcción, que aceleran la fragmentación y la posible desaparición de estas islas.

Figura 4-3: Efectos de erosión, intrusión salina e inundación en Isla Múcura.

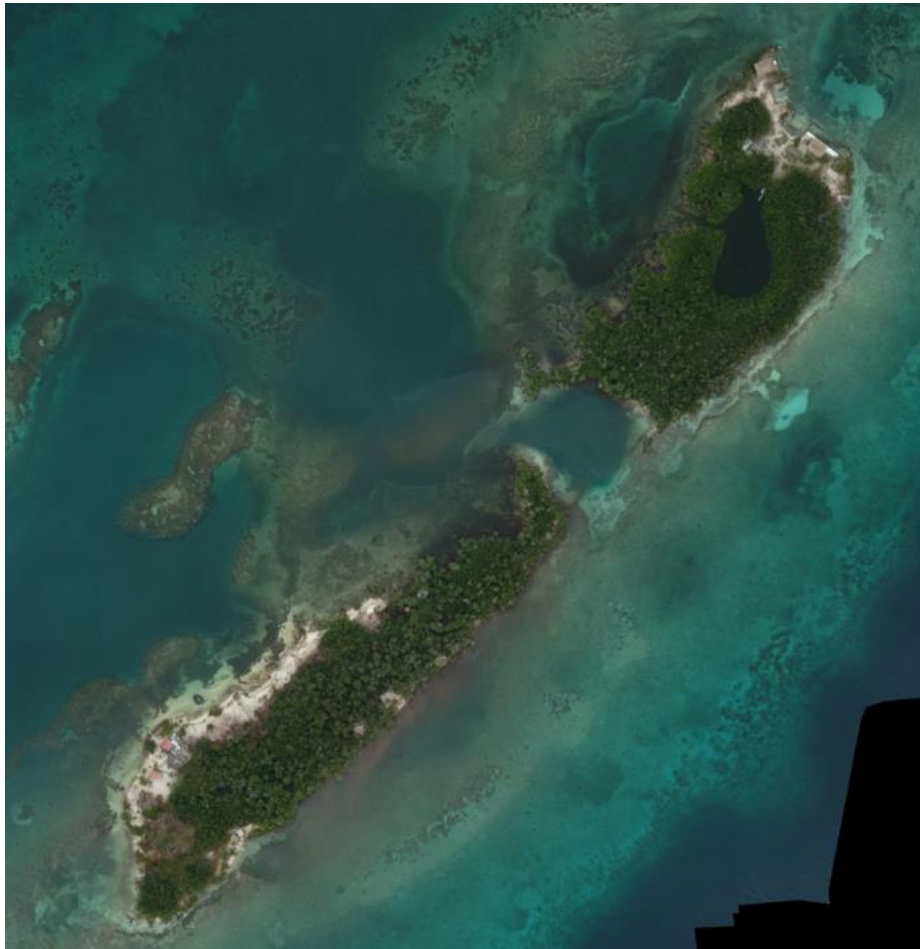


Fuente: Ortofotomosaico por Karem Acero (2019).

En la Figura 4-3 se observan los efectos que sufre actualmente la isla, relacionados con el ascenso del nivel medio del mar y que se traducen en erosión (línea naranja), inundaciones (polígonos azules) e intrusiones salinas (línea roja)<sup>61</sup>.

Ceycén (Anexo F) hoy en día esta dividida gracias a la tala del bosque de manglar que rodeaba una de sus lagunas interiores, laguna que con la apertura al mar aceleró la división de la Isla en dos segmentos (Zarza & Gómez, 2011).

Figura 4-4: Isla Ceycén dividida en dos por la ruptura de laguna.



Fuente: PNNCRSB (2018)

---

<sup>61</sup> La descripción de los efectos en la isla se ampliará en el numeral 4.2.

#### **4.1.1 Efectos de la erosión, la inundación y la intrusión salina por ANM sobre los ecosistemas y sus servicios ecosistémicos**

Las respuestas que tendrán los ecosistemas ante el ascenso del nivel medio del mar dependerán de factores como su ubicación, las intervenciones antrópicas y la capacidad de resiliencia o adaptación ante el fenómeno (INVEMAR & MADS, 2003).

Para los ecosistemas marinos los efectos del aumento del nivel medio del mar pueden ser positivos o negativos, en el caso de los arrecifes, los tapetes coralinos pueden presentar efectos positivos, como aumentar su diversidad y productividad con el incremento del nivel medio del mar, en el Caribe insular se estiman algunas tasas de crecimiento entre 1 mm y 10 mm/año, además como cumplen una función de barrera protectora contra el oleaje continuaría ayudando con la disminución de la erosión (INVEMAR & MADS, 2003). Sin embargo, el efecto positivo en los corales dependerá de que la tasa de aumento no exceda la tasa de crecimiento del coral.

Para el archipiélago de San Bernardo como efectos negativos del ascenso del nivel medio del mar sobre el coral podría presentarse la invasión y sobrepoblación de algas que también está relacionada con la temperatura superficial del mar, fenómeno al que los corales son muy sensibles (Alva, 2015).

En cuanto a las afectaciones que puedan recibir las praderas de pastos marinos por el ascenso del nivel medio del mar se presentaría la pérdida de hábitat para especies como el Caracol Pala, ya que son susceptibles a las perturbaciones y mueren rápidamente en condiciones de estrés, su recuperación es lenta y depende de factores como los aportes de agua dulce, de sustratos como los arenosos y fangosos poco profundos y la turbidez del agua. Su pérdida traería consigo el aumento de la erosión, pues dentro de sus servicios de soporte y regulación esta la estabilización de los sedimentos y/o la línea de costa (Tabla 4-3) (INVEMAR & MADS, 2003).

Tabla 4-2: Influencia del nivel del mar sobre los Servicios Ecosistémicos de las praderas de pastos marinos.

<b>Servicios de regulación</b>	<b>Descripción del servicio</b>	<b>Disminución del S.E. por ANM</b>
Regulación de perturbaciones	Protección de las costas contra tormentas, huracanes y mares de leva.	SI
Protección costera	Estabilización de la línea de costa y control de la erosión.	SI
Formación de sustrato	Promueven la sedimentación, inhiben la suspensión de partículas. Amortiguación del movimiento de agua, sedimentación y transparencia.	SI
Suplemento de agua	Mitigación al cambio climático	SI
<b>Servicios de provisión</b>	<b>Descripción del servicio</b>	<b>Disminución del S.E. por ANM</b>
Hábitat	Hábitats para la vida marina. Tortuga verde.	SI
Refugio	Conservación de especies. Sitio de crianza de peces, crustáceos y moluscos. Caracol Pala que está en vía de extinción.	SI
Filtrado de partículas contaminantes.	Agua de buena calidad	SI
Provisión de alimentos	Provisión de alimento, pesca. Alimento para tortugas, aves, peces e invertebrados.	SI
Materia prima	Grandes exportadores de materia orgánica a otros ecosistemas.	SI
<b>Servicios culturales</b>	<b>Descripción del servicio</b>	<b>Disminución del S.E. por ANM</b>
Estética	Belleza como paisaje marino-costero. Valor intrínseco de las especies.	SI
Recreación	Ecoturismo	SI

Fuente: Elaboración propia a partir de (Cervantes & Quintero, 2016).

Con la disminución de barreras protectoras como las praderas de pastos marinos, la erosión de las playas podría aumentar, playas o costas bajas con pendientes muy pequeñas están condenadas a desaparecer, las playas del Cholo y la Punta con cada uno de sus servicios estarían como el ecosistema más expuesto en la Isla y el primero en ser afectado, su erosión junto con la inundación presentada por las lagunas costeras que rodean estas dos playas, acelerarían su desaparición y con ellas los servicios ecosistémicos que de allí provienen, situación similar se presentaría en las otras 4 islas del archipiélago que tienen playas hoy en día (Tabla 4-4).

Tabla 4-3: Influencia del nivel del mar sobre los Servicios Ecosistémicos de las playas.

Servicios de regulación	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad	Disminución del S.E. por ANM
Refugio	Hábitat de especies (crustáceos, poliquetos y moluscos), anidación y liberación de tortugas.	SI	SI
Hábitat	Son hábitats esenciales para especies marinas como aves playeras y tortugas.	SI	SI
Regulación de la biodiversidad	Sirven como sitios de alimentación o anidamiento para diferentes especies.	SI	SI
Sitio de paso	Sitios de paso para aves y reptiles.	SI	SI
Servicios de provisión	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad	Disminución del S.E. por ANM
Materia prima	Arenas para la construcción de viviendas o para el relleno de playas artificiales	SI	SI
Provisión de alimentos	Por la gran cantidad de especies que tienen como hábitat este ecosistema, provee de alimentos a la comunidad (reptiles, moluscos y equinodermos)	SI	SI



Tabla 4-4: (Continuación)

Servicios culturales	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad	Disminución del S.E. por ANM
Turismo	Visita diaria de turistas a la playa	SI	SI
Recreación	Sitio de recreo y descanso para la comunidad	SI	SI
Estético	Corresponde a la belleza estética del paisaje de playa	SI	SI
Educación ambiental	Investigaciones sobre las partes supra, meso e infralitoral de las playas y sus especies.	SI	SI, las investigaciones podrían continuar solo en el infralitoral
Ecoturismo	Las rutas ecoturísticas enseñan la playa como uno de los ecosistemas de la Isla.	SI	SI

Fuente: Elaboración propia a partir del Plan de manejo del PNNCRSB (2006).

Para los manglares el aumento del nivel medio del mar traerá cambios negativos, es uno de los efectos del cambio climático que más perjudica a este ecosistema; las variables para determinar que puede pasar con ellos entorno al incremento del nivel del mar son: la velocidad en la que se da el aumento, la amplitud y la tasa de sedimentación (INVEMAR & MADS, 2003).

La gran diferencia entre los manglares del continente y los insulares, radica en esta última variable, en la tasa de sedimentación, pues los manglares ubicados en los deltas de los ríos retrocederán pero tendrán una mayor adaptación gracias a los sedimentos provenientes de las cuencas (Gilman et al., 2008), situación que no ocurre con los manglares insulares, que están más expuestos al aumento del nivel del mar y a su posterior desaparición, situación que se presentó en Isla Maravilla (Tabla 4-5).

Tabla 4-4: Influencia del nivel del mar sobre los Servicios Ecosistémicos de los manglares.

<b>Servicios de regulación</b>	<b>Descripción del servicio</b>	<b>Identificado por la comunidad</b>	<b>Disminución del S.E. por ANM</b>
Regulación y producción de gases	Regulación de la composición atmosférica y de gases como CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> y niveles de SO <sub>2</sub> .	SI	SI
Regulación del clima	Regulan la temperatura global, los procesos climáticos como la precipitación y el efecto invernadero.	NO	SI
Suplemento de agua	Almacenamiento y retención de agua para reservorios hídricos y acuíferos.	NO	SI
Protección de la costa	Amortiguan fenómenos extremos como las tormentas, los tsunamis y las marejadas.	SI	SI
Amortiguación de las consecuencias previstas por el calentamiento global	Actúan como sistemas responsables de las propiedades amortiguadoras ante los efectos proyectados por los aumentos de temperatura y el ascenso del nivel del mar.	SI	SI
Control de erosión y retención de sedimentos	Conservación del suelo dentro del ecosistema, prevención de deslizamientos y remoción de materiales.	SI	SI
Formación de suelos	Intemperismo de rocas y acumulación de la materia orgánica.	SI	SI
Ciclaje de nutrientes	Almacenamiento y reciclaje de nutrientes, fijación de N, P y de otros elementos del ciclo de nutrientes	NO	SI
Disipador de materia y energía	Recuperación, remoción y control del exceso de compuestos orgánicos (control de la contaminación) y de nutrientes.	NO	SI
Polinización	Movimiento de gametos para la reproducción de poblaciones	NO	SI

Tabla 4-5: (Continuación)

<b>Servicios de regulación</b>	<b>Descripción del servicio</b>	<b>Identificado por la comunidad</b>	<b>Disminución del S.E. por ANM</b>
Regulación de la biodiversidad	Interacciones biológicas entre organismos y con la parte abiótica del ecosistema.	SI	SI, pero depende de la capacidad de adaptación del manglar, también podría contribuir a la adaptabilidad de nuevas especies
Refugio	Hábitat para poblaciones residentes y migratorias. Peces, aves y crustáceos.	SI	SI
<b>Servicios de provisión</b>	<b>Descripción del servicio</b>	<b>Identificado por la comunidad</b>	<b>Disminución del S.E. por ANM</b>
Provisión de alimento	Producción primaria transformada en alimentos, peces, moluscos y crustáceos.	SI	SI
Provisión primaria	Producción primaria transformada en materia prima, maderas y forraje.	SI	SI
Fibra y combustible	Madera como combustible en la cocina y los tintes de manglar para algunas artesanías.	SI	SI
Recursos genéticos	Provisión de materiales y productos biológicos para medicina, obtención de genes y especies ornamentales.	NO	SI

Tabla 4-5: (Continuación)

Servicios culturales	Descripción del servicio	Identificado por la comunidad	Disminución del S.E. por ANM
Recreación y Turismo	Actividades de ocio: ecoturismo y pesca.	SI	SI
Paisaje	Sistema de manglar como paisaje costero	NO	SI
Espiritual	Comunidades indígenas y afro que reconocen el manglar como espacio sagrado.	NO	SI
Ciencia y educación ambiental	Espacio para el desarrollo de investigaciones y de procesos de educación ambiental.	SI	SI

Fuente: Elaboración propia con base en Hernández et al, 2017; Vide & Briansó, (2014)

Finalmente las lagunas costeras e interiores ante el aumento del nivel medio del mar responderán con la profundización y la ampliación de las desembocaduras, sumando los factores de intrusión salina y de inundación, además presentaran cambios en las especies que habitan su ecosistema, algunas se adaptaran a los nuevos cambios de salinidad y otras es probable que emigren (INVEMAR & MADS, 2003), el efecto más importante en la isla sería la posible salinización del pozo manegume, actualmente el único acuífero de agua dulce que tiene la Isla, donde el recurso hídrico se obtiene por aguas lluvias o la compra del mismo a la ciudad de Cartagena o al Hotel Punta Faro que cuenta con planta desalinizadora (Tabla 4-6).

Tabla 4-5: Influencia del nivel del mar sobre los Servicios Ecosistémicos de las lagunas costeras e interiores.

<b>Servicios de regulación</b>	<b>Descripción del servicio</b>	<b>Identificado por la comunidad</b>	<b>Disminución del S.E. por ANM</b>
Regulación de perturbaciones	Amortigua fenómenos extremos como las marejadas	SI	SI
Reciclaje de nutrientes	Almacenamiento y reciclaje de nutrientes, fijación de N, P y de otros elementos del ciclo de nutrientes	NO	SI
Refugio	Hábitat para especies, salacunas de peces arrecifales, de moluscos y crustáceos	SI	SI, depende de la capacidad de adaptación de las especies a nuevas salinidades
Suplemento de agua	Almacenamiento y retención de agua para reservorios hídricos y acuíferos.	SI	SI
<b>Servicios de provisión</b>	<b>Descripción del servicio</b>	<b>Identificado por la comunidad</b>	<b>Disminución del S.E. por ANM</b>
Recursos genéticos	Provisión de materiales y productos biológicos	NO	SI
Provisión de alimento	Producción primaria transformada en alimentos, peces, moluscos y crustáceos.	SI	SI, depende de la capacidad de adaptación de las especies a nuevas salinidades. Algunos estudios demuestran que las especies han disminuido en el ecosistema por intrusiones salinas
<b>Servicios culturales</b>	<b>Descripción del servicio</b>	<b>Identificado por la comunidad</b>	<b>Disminución del S.E. por ANM</b>
Estética	Belleza como paisaje marino-costero.	SI (Laguna de la Isla Tintipán)	SI
Recreación y Turismo	Rutas guiadas para visitar las lagunas y observar fenómenos como fitoplancton bioluminiscente y medusas bioluminiscentes.	SI (Laguna de la Isla Tintipán)	SI

Fuente: Elaboración propia a partir de la información recolectada en campo y del Plan de Manejo del PNNCRSB (2006).

Los ecosistemas como los manglares, las lagunas, las playas y las praderas de pastos marinos son los más expuestos y sensibles ante el fenómeno del ascenso del nivel medio del mar, aunque no se puede hablar de una pérdida completa del servicio a corto plazo, si es probable la disminución de los servicios ecosistémicos que brindan a la isla estos ecosistemas

Con la disminución o pérdida de los servicios las consecuencias se presentarían en diferentes esferas, en términos económicos asociados a las actividades turísticas, los visitantes podrían disminuir o migrar hacia playas más extensas como las playas de Tintipán, además la disminución de la pesca no permitiría el comercio y afectaría la alimentación de la población, y se perderían las prácticas culturales que giran alrededor de la pesca no solo como oficio, sino como actividad representativa de las culturas insulares.

Con la posible pérdida de terrenos, al no existir claridad legal entorno a los propietarios de tierras, las personas más expuestas al fenómeno y más vulnerables en términos económicos y sociales como la comunidad de Puerto Caracol, tendría que migrar, hacia las áreas más elevadas de la Isla o hacia el continente, esto implicaría la ruptura de las redes sociales que se han construido en la Isla desde hace 60 años aproximadamente.

En términos ecosistémicos, aunque es un proceso natural acelerado por acciones antrópicas, es probable que los ecosistemas se adapten, sin embargo, la pérdida de otros será inevitable, la desaparición del manglar que hoy en día se calcula en 1 o 2mm/año, las islas como sitios de paso de aves migratorias ya no brindarían este servicio y la paloma corona, ave endémica insular perdería su hábitat.

Finalmente serían 11 los servicios ecosistémicos que se verían disminuidos por el ascenso del nivel medio del mar para el ecosistema de praderas marinas, 11 relacionados con las playas, 20 servicios provenientes del ecosistema de manglar y 8 de las lagunas costeras, lo que implicaría la disminución o la degradación progresiva del 62,5% de los servicios identificados para Isla Múcura.

## 4.2 Efectos ambientales visuales en Isla Múcura

Durante los tres campos realizados al área de estudio y el uso de diferentes herramientas como la observación aérea, los testimonios de la comunidad mediante charlas informales, entrevistas, encuestas y cartografías, fue posible evidenciar las transformaciones que presenta la Isla desde hace 40 años, cuando llegaron sus primeros habitantes.

A continuación, se presentan los cambios visuales más significativos observados en Múcura.

El primer cambio es el camino para recorrer la Isla, que ha sido fraccionada por el costado sur del bosque de manglar y donde ahora existe el puente del amor, puente que debe cruzarse para visitar el caserío, hace 7 años se podía rodear la isla a través del bosque de manglar que hoy ya está inundado (Figura 4-5).

Figura 4-5: Cambios en el recorrido por intrusión del mar



Fuente: Karem Acero (febrero, 2019)

Al iniciar el fraccionamiento de la Isla por el bosque de manglar del costado sur, cerca de la laguna costera, uno de los efectos que empiezan a vivirse hoy en día con las mareas

altas es la inundación del sector suroriente que puede dividir la playa pública y la cabaña de parques del resto de la Isla <sup>62</sup>.

Con las constantes intrusiones de aguas salinas sobre la isla, y el crecimiento de la población desde hace 40 años, se realizan algunas construcciones para ganarle terreno al mar, a través de obras duras construidas por la comunidad, obras que actualmente son la una de las causas de las diferencias entre PNNCRSB y la comunidad. En Puerto Caracol la gente no puede retroceder respecto a la franja litoral porque los predios tienen dueños, razón por la que buscan ganar terreno en el agua. Allí se encuentra construido el colegio y algunas viviendas, y se observa el inicio de nuevos rellenos (Figura 4-6).

---

<sup>62</sup> Para observar los demás puntos de interés del recorrido ingresar a: <https://es.wikiloc.com/rutas-a-pie/ruta-mucura-33898864#wp-33898867> sitio web donde esta almacenado el recorrido con los puntos estratégicos acompañado por fotografías de la zona.



Figura 4-6: Terrenos ganados al mar.



Fuente: Karem Acero (marzo, 2019).

Una de las soluciones ante la intrusión del agua del mar con fenómenos constantes como las marejadas, las mareas ciclónicas o algunos aumentos de marea inusuales, que inundan el 100% de Puerto Caracol y algunas zonas hoteleras, es la construcción de obras duras que amortiguan el oleaje y disminuyen la erosión, además de proteger contra la inundación.

Sin embargo, estas obras duras están prohibidas por Parques Nacionales Naturales, la primera multa la cancelo el profesor Fabio Flórez quien tuvo que detener la construcción de las obras, y realizar un estudio para buscar las alternativas contra la erosión (Figura 4-7). Estudio que se encuentra archivado y tenía una de las soluciones contra los efectos de pérdida de playas, y erosión costera por aumento del nivel medio del mar. Hoy se puede observar como el mar inundo la obra

Figura 4-7: Primeras obras rompeolas Dahlandia





Fuente: Karem Acero (marzo, 2019).

Cerca del Hostal Dahlandia, donde se tomaron las fotografías anteriores (Figura 4-7), hace 40 años la Isla se extendía hacia el peñón, era la punta suroccidental y había un quiosco de encuentro para la comunidad. Este sector fue identificado en todas las cartografías participativas con relación a la percepción que tenía la comunidad de terrenos perdidos en el pasado (Figura 4-8).

Ahora es un sitio de pesca para algunos, y un lugar de observación para las personas que viajan en kayak. Es un referente clave para la comunidad y hace parte de sus topofilias por lo que significó alguna vez para ellos. Es una evidencia contundente del ascenso del nivel medio del mar que como consecuencia erosiona la isla poco a poco.

Figura 4-8: El peñón, extremo de la Isla inundado



Fuente: Karem Acero (marzo, 2019).

Una evidencia más de las obras duras como salida por parte de los actores para minimizar los efectos del aumento del nivel medio del mar, es el Higuierón ubicado en el Hotel Punta Faro, actualmente el punto más alto de la Isla. Alejandro, Gerente Comercial y dueño del predio, asegura que con su llegada hace 33 años a la Isla, el Higuierón era un árbol que era consumido por las aguas salidas, aguas que lo iban ahogando poco a poco, pero ante la intervención que realizaron de relleno y de protección de sus raíces en todo el hotel, el árbol se recuperó, y es una prueba del nivel medio del mar que tenía la Isla en la punta nororiental donde se ubica hoy el árbol (Figura 4-9).

Figura 4-9: Higuerón punto más alto de la Isla



Fuente: Karem Acero (marzo, 2019).

Finalmente, la pérdida de playas mayormente percibida por la comunidad es la punta o playa pública (Figura 4-10). Sitio de referencia y fuerte identificación para la comunidad quienes lo describen como una topofilia. Allí hace 17 o 20 años la gente jugaba fútbol o beisbol, hoy lo hacen con menor regularidad y en un espacio más estrecho, que es invadido por los turistas y por el mar.

Figura 4-10: Playa pública antigua cancha de fútbol



Fuente: Karem Acero (marzo, 2019).

También la comunidad identifica la única playa donde hubo anidamiento de tortugas, la playa el Cholo (Figura 4-11), ubicada al noroccidente de la Isla. Es el lugar donde se presenta mayor erosión por fuertes vientos y obras inadecuadas que dejaron sin playa a la Isla y sin hábitat a algunas especies.

Figura 4-11: Antigua playa de anidación de tortugas



Fuente: Karem Acero (marzo, 2019).

Es reconocido como una tofobia, por la privatización y el poco acceso de la comunidad a la playa, desde la llegada del Hostal, hace 4 años. El bosque de manglar que allí se encuentra ha sufrido varias afectaciones con la llegada del Hostal, varias personas afirman que la laguna que se encontraba en el lugar fue rellenada, y la vegetación secundaria ya no existe en esta zona (Figura 4-8), el polígono rojo es una aproximación del predio que ocupa el Hostal<sup>63</sup>

---

<sup>63</sup> Al comparar las imágenes satelitales del año 2012 con el ortofotomosaico tomado en marzo del 2019 (Anexo A), se observan cambios en la cobertura terrestre por completo, además de la transformación del uso del suelo.

Figura 4-12: Imagen satelital sin el Hostal Isla Múcura



Fuente: Google Earth (2012).

### 4.3 Percepción de los problemas ambientales

Uno de los objetivos centrales de este trabajo se relaciona con la identificación y el conocimiento de las percepciones que tiene la comunidad respecto a los problemas o los efectos ambientales del aumento del nivel del mar y la interdependencia de estos.

Con este fin se llevó a cabo un taller con los miembros de la Junta de Acción Comunal, utilizando como herramienta metodológica la matriz de Vester, sugerida para la identificación y, jerarquización de problemas ambientales en proyectos participativos (Correa, 1995). Esta matriz fue propuesta por Vester (1976) y consiste en una tabla de doble entrada donde se ubican en las filas y en las columnas, los problemas que la comunidad de Isla Múcura identificó y se procede al análisis de su interacción.

La matriz de Vester ha sido utilizada en múltiples investigaciones donde se pretende identificar las percepciones y las interacciones de los problemas con el fin de priorizarlos y construir propuestas de gestión (CARDIQUE, 2010; Bernal, 2012; González, 2011; Parra & Muñoz, 2015).

Es un instrumento de planeación que sirve para encontrar las causas y las consecuencias de los problemas, además de jerarquizarlos y organizarlos en problemas activos o pasivos. Se construye con una tabla de doble entrada ubicando en filas y columnas los problemas identificados con los participantes, después se inicia con la calificación correspondiente que tiene valores entre 0 y 3 así (Tobasura et al.,1997):

- Calificación 3: Solo si el problema de la fila es la causa principal del problema de la columna. Relación causal directa muy fuerte.
- Calificación 2: Solo si el problema de la fila es una de las causas del problema de la columna. Relación causal indirecta poco fuerte.
- Calificación 1: Solo si el problema de la fila es causa indirecta del problema de la columna. Relación causal indirecta.
- Calificación 0: Solo si el problema de la fila no es causa del problema de la columna o cuando éste sea el mismo. No tiene relación causal.



La categoría principal corresponde al aumento del nivel medio del mar, categoría que los participantes conocen bien, porque llevan 25 años o más habitando la Isla y observando los cambios. Los problemas se clasificaron cuando se iba discutiendo la categoría, posteriormente se explicaron las relaciones causales entre filas y columnas para iniciar en grupo con la calificación (Tabla 4-7). Alrededor de la calificación de varias problemáticas se hicieron reflexiones en torno al conocimiento sobre la Isla, que tienen cada una de las instituciones con jurisdicción allí, y como las alternativas de solución no existen por parte del Estado.

Tabla 4-6: Matriz de Vester relacionando los problemas de la Isla identificados por la JAC

<b>ASCENSO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR</b>	<b>PROBLEMAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>TOTAL, ACTIVOS</b>
	1. Erosión Costera	0	3	3	3	3	2	0	0	0	3	3	20
	2. Pérdida de playas	0	0	3	3	3	0	0	0	0	3	1	13
	3. Deterioro de la calidad de vida	2	2	0	0	0	0	3	3	2	3	3	18
	4. Salinización de los pozos	0	0	3	0	3	0	0	0	0	3	0	9
	5. Salinización de los suelos	0	0	3	3	0	0	1	0	0	3	0	10
	6. Ausencia de boyas	3	3	3	3	3	0	0	0	0	3	3	21
	7. Falta de consciencia (Estado - Comunidad)	2	3	3	3	3	3	0	2	0	3	3	25
	8. Falta de educación	2	3	3	3	3	0	3	0	0	3	3	23
	9. Falta de Instituciones	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	30
	10. Pérdida de hábitat	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	6
	11. Disminución en la pesca	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<b>TOTAL, PASIVOS</b>	<b>13</b>	<b>19</b>	<b>33</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>11</b>	<b>37</b>	<b>33</b>		

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.1 Definición de problemáticas trabajadas con la Matriz de Vester

Antes de clasificar los problemas de acuerdo con la calificación de la Matriz de Vester, se relacionarán los significados de los problemas construidos con la Junta de Acción y las temáticas elegidas a trabajar.

- **Erosión costera:** Corresponde a una dinámica natural donde el rompimiento de las olas contra el terreno genera afectaciones al litoral, sin embargo los procesos antrópicos como la tala de manglar, la transformación de la dinámica de las playas con las obras duras como los espolones o muelles, y la extracción de la arena para construcciones junto a las afectaciones al coral, acrecientan y aceleran este tipo de procesos naturales (Lizarazo et al., 2011).
- **Pérdida de playas:** Como los procesos de erosión costera, corresponden a dinámicas naturales, que dependiendo de los vientos y las corrientes pueden trasladar la arena a diferentes sectores de un lugar. Sin embargo, los mares de leva, las marejadas, la extracción de arena para construcciones y el aumento progresivo del nivel medio del mar, son fenómenos naturales y antrópicos que minimizan la extensión de playa en sus tres partes: la supra, meso e infralitoral, siendo la supralitoral la parte más visible con relación a la variabilidad morfológica.
- **Deterioro de la calidad de vida:** Con deterioro de la calidad de vida se hace referencia a la disminución de las condiciones óptimas (recursos económicos, educación, salud, Institucionalidad etc.) para vivir en la Isla.
- **Salinización de pozos:** La salinización de pozos se presenta por la intrusión de agua salada a través de fenómenos como las mareas altas, las marejadas o los mares de leva, fenómenos extremos que se pueden agudizar con el progresivo aumento del nivel medio del mar.
- **Salinización de suelos:** Al igual que la salinización de los pozos ocurre por la intrusión de agua salada sobre los terrenos, por fenómenos como huracanes, inundaciones, mareas altas y marejadas, que serán de mayor magnitud cada vez

que aumente el nivel medio del mar. Los efectos pueden caracterizarse como la pérdida de terrenos productivos para la agricultura, la vegetación secundaria y los cultivos de pancoger, y la pérdida de plantaciones que no resistan las condiciones salobres y de salinización de un suelo.

- **Ausencia de boyas:** Existen diferentes tipos de boyas que así mismo responden a necesidades particulares. Las boyas como señalización en el mar previenen la destrucción de corales por encallamiento de naves y sirven para evitar el tránsito constante de vehículos marinos que agravan la situación de erosión y pérdida de playas en las islas; también existen las boyas de amarre que contribuyen para que las lanchas no lancen anclas a los fondos arenosos o marinos evitando la invasión y la afectación al ecosistema. Es una alternativa para mitigar la erosión costera, sin embargo, los costos son altos.
- **Falta de consciencia (Por parte del Estado con las Instituciones y de la Comunidad):** La problemática se refiere a la indiferencia por parte de estos dos actores, respecto a las afectaciones a los ecosistemas y sus posibles consecuencias que disminuirían el sustento de la vida.
- **Falta de educación:** En la Isla había un colegio hasta 3º grado de educación básica primaria, pero fue trasladado a Santa Cruz del Islote, sin embargo, aunque no es la falta de infraestructura la problemática referente a la educación. El problema radica en que no se realizan procesos de educación ambiental con todos los actores de la comunidad. Las enseñanzas están restringidas a ciertos grupos de la población, y pudo evidenciarse durante las encuestas, entrevistas y talleres, donde solo la gente adscrita al grupo los meros sabios, o las personas que han trabajado en los procesos con Parques Nacionales, cuentan con conocimientos básicos respecto a los ecosistemas que los rodean.
- **Ausencia de Instituciones:** Instituciones de varios sectores tienen determinadas responsabilidades en la Isla, sin embargo, actualmente solo hacen presencia Parques Nacionales Naturales PNN y la Agencia Nacional de Tierras, la empresa de residuos sólidos Aseo Urbano, y el alcalde de la localidad 1 de Cartagena. Pero

instituciones como Cardique, la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo, policía ambiental entre otros, pareciera que están ausentes en los procesos de la Isla.

- **Pérdida de hábitat:** Como se pudo evidenciar en el capítulo 3, los ecosistemas identificados en la Isla (Manglar, corales, playas, lagunas) se caracterizan por brindar uno de los servicios ecosistémicos principales de regulación, como el refugio y el hábitat de diversidad de especies. Sin embargo, cada una de las afectaciones a los ecosistemas logra que se pierdan fragmentos de hábitat para las especies, efecto negativo que es acelerado por el fenómeno de ascenso del nivel medio del mar.
- **Disminución de la pesca:** Con la afectación del calentamiento global a través del incremento de temperaturas generando el blanqueamiento y la posterior muerte de corales, este ecosistema que dentro de sus servicios ecosistémicos tiene el refugio de diversidad de especies (especies de importancia comercial como la langosta, crustáceos, moluscos y peces de coral), que desovan allí, disminuirían las especies disponibles, llevando a la reducción de la pesca. De igual manera pasaría con los demás ecosistemas que tienen como servicio de regulación el refugio y hábitat para especies como los manglares, las playas y las lagunas costeras.

### 4.3.2 Representación gráfica de la Matriz de Vester

La representación gráfica de la Matriz de Vester sirve para identificar cuáles son los problemas activos, pasivos, críticos e indiferentes de acuerdo con la calificación de la matriz.

El proceso para la ubicación de los problemas en los cuadrantes correspondientes se realiza un plano cartesiano, donde el eje Y alberga los problemas pasivos y el eje X contiene los problemas activos.

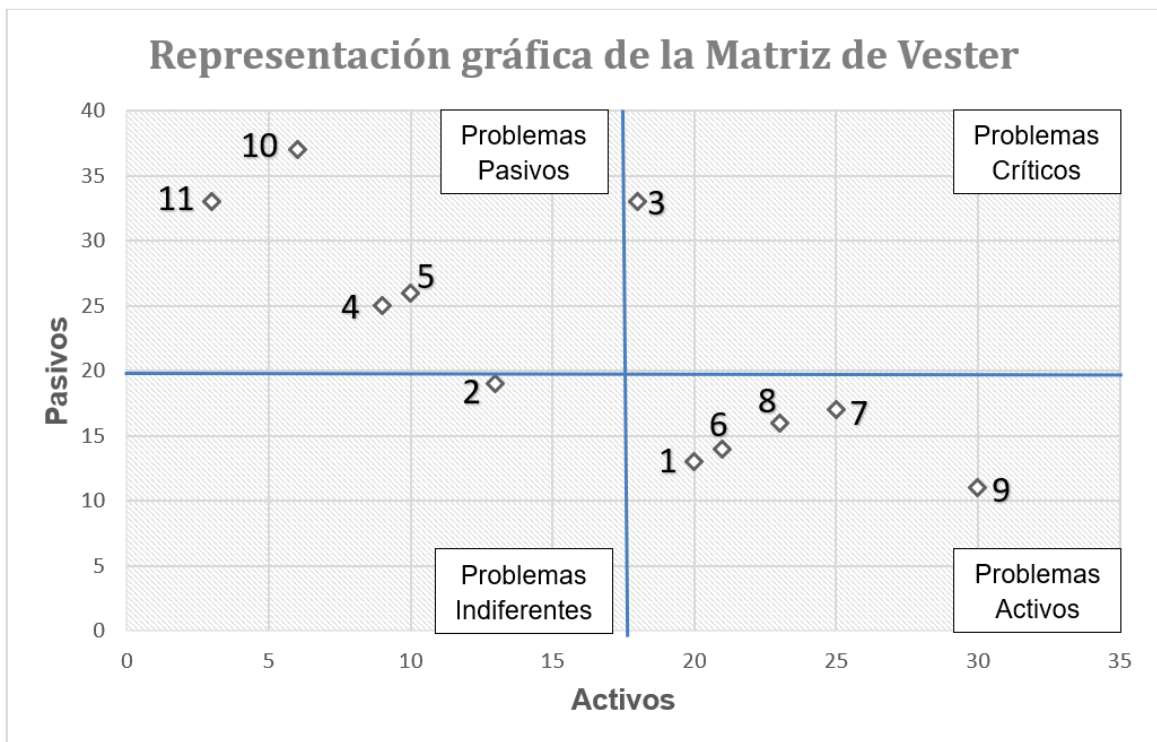
**Problemas Críticos.** Los problemas que se ubican en el cuadrante superior derecho (I) corresponden a problemas críticos, que son causa de unos y consecuencia de otros.

**Problemas Pasivos.** La ubicación en el cuadrante superior izquierdo (II) son los problemas pasivos, representando los problemas que son consecuencia de otros.

**Problemas Activos.** En el cuadrante inferior derecho (III), aparecen los problemas activos, son problemas que causan otros problemas, y por lo tanto son los primeros problemas que se abordan en las alternativas de solución.

**Problemas Indiferentes.** Finalmente, en el cuadrante inferior izquierdo (IV) están los problemas indiferentes que, aunque son problemas, no se encuentran relacionados fuertemente con la categoría trabajada<sup>64</sup>(Figura 4-13).

Figura 4-13: Representación de la Matriz de Vester en el plano cartesiano



Fuente: Elaboración propia a partir de la calificación de la Matriz de Vester.

<sup>64</sup> Aunque la pérdida de playas aparece como un problema indiferente se debe tener en cuenta que ante el ascenso del nivel medio del mar este ecosistema es de los más expuestos, esta clasificación se presenta porque es un problema que se genera como consecuencia de los otros identificados, y que la solución depende de la gestión de los problemas que lo causan.

A continuación, se presenta la clasificación de los problemas de acuerdo con el cuadrante donde se ubican (Tabla 4-8):

Tabla 4-7: Clasificación de problemáticas de acuerdo con la ubicación en el plano cartesiano

N°	Problema	Clasificación	Cuadrante
1	Erosión costera	Problemas activos	IV
2	Pérdida de playas	Problemas indiferentes	III
3	Disminución de la calidad de vida	Problemas críticos	I
4	Salinización de pozos	Problemas pasivos	II
5	Salinización de suelos	Problemas pasivos	II
6	Ausencia de boyas	Problemas activos	IV
7	Falta de consciencia del Estado y la Comunidad)	Problemas activos	IV
8	Falta de educación	Problemas activos	IV
9	Ausencia de Instituciones	Problemas activos	IV
10	Pérdida de hábitat	Problemas pasivos	II
11	Disminución de la pesca	Problemas pasivos	II

Fuente: Elaboración propia a partir de la calificación de la Matriz de Vester

La clasificación de las problemáticas sirvió para determinar cuáles son los problemas activos, los que deben tener solución a corto, mediano o largo plazo, para mitigar las demás problemáticas.

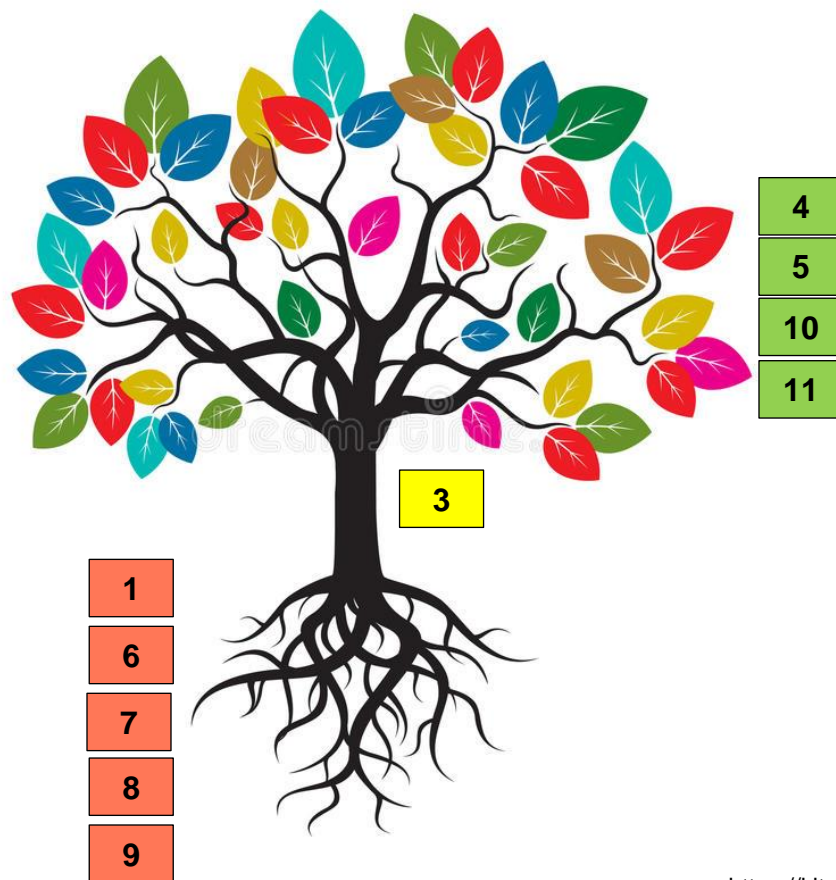
Soluciones como la instalación de boyas, o iniciar procesos de educación ambiental, ayudarían a mitigar problemas indiferentes según la calificación de la matriz, como la pérdida de playas, que generan graves consecuencias a nivel económico y social para la comunidad; sin playas la Isla perdería una de las actividades turísticas que fundamentan su economía como el turismo, continuarían perdiendo espacios para la recreación y el hábitat de varias especies.

Sin embargo, es claro que la problemática que debe atenderse frente al aumento del nivel medio del mar como categoría principal, no es la pérdida de playas, sino los problemas activos (causa), como la ausencia de boyas, la falta de consciencia por parte de los actores de la Isla, actores privados, institucionales o la comunidad, la falta de educación y la ausencia de las instituciones a cargo del lugar.

Posteriormente las problemáticas evaluadas se distribuyen en un bosque de problemas cuando existen más matrices de Vester y pertenecen a otras categorías, así se relaciona un árbol con cada categoría; en las raíces se ubican los problemas activos, en el tronco los problemas críticos y en las ramas los problemas pasivos (Figura 4-14).

Las alternativas de solución que son el paso final deben estar encaminadas a resolver los problemas activos que se ubican en las raíces, pues son estos los responsables de la aparición de los demás problemas.

Figura 4-14: Árbol de problemas con problemáticas priorizadas



<https://kitchen.com/>

Fuente: Elaboración propia

La señalización de la prioridad para la resolución de problemas se presenta en una escala de colores (semáforo), para observar cuales son las problemáticas que deben prevalecer en cuanto al establecimiento de alternativas de solución.

De esta manera los tomadores de decisiones en torno a la categoría del ascenso del nivel medio del mar deberían priorizar la solución de la erosión costera, la ausencia de boyas, la falta de consciencia (Estado-Comunidad), la falta de educación y la ausencia de las Instituciones. Problemáticas que están relacionadas entre sí y que además de ser causa son las alternativas de solución para minimizar los problemas críticos como la disminución de calidad de vida, y los problemas pasivos como la salinización de pozos y suelos, la pérdida de hábitat y la disminución de la pesca.

Referente a las posibles soluciones planteadas durante el taller se encontraron las siguientes:

- **Aumento de boyas** que permitan la señalización y eviten que las lanchas turísticas pasen demasiado cerca a la isla, mitigando el efecto de oleaje que genera y acrecienta los problemas de erosión costera, perdida de playas, perdida de hábitat y disminución pesquera.
- **Obras rompeolas que mitigan el problema activo de la erosión costera.** Actores de la isla como el profesor Fabio Flórez Amaya, biólogo marino de la Universidad Nacional de Colombia, realizó y entregó el estudio respectivo de las obras a PNNCRSB, sin embargo, la respuesta del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB) era que él debía construirlas, pues son obras demasiado costosas y hasta la fecha solo están presupuestadas para ser ejecutadas en Cartagena (el costo de las obras esta alrededor de los \$360mil millones de pesos) y en Tierra Bomba<sup>65</sup>.

---

<sup>65</sup> La información se obtuvo a través de entrevistas con el Profesor Fabio Flórez en Múcura y el Dr. Carlos Mieles Alcalde de la localidad 1 de Cartagena, localidad que administra la parte insular del Distrito.



- **Procesos permanentes y de acompañamiento** de las Instituciones con la comunidad, que a través de la educación ambiental generen consciencia respecto a la importancia de los ecosistemas en la Isla, que son fundamentales para la continuación de la vida en este lugar.

De acuerdo a las decisiones políticas que deben tomarse para actuar frente a este fenómeno, se está realizando el Plan Maestro de Erosión Costera para priorizar lugares en el país expuestos y vulnerables al fenómeno. El plan contempla como medidas de prevención, mitigación y control de la erosión costera tres tipos de solución:

- **Restauración de sistemas naturales:** En concordancia con la adaptación basada en ecosistemas, la restauración de sistemas naturales que contempla el Plan Maestro empieza con los balances de sedimentos a través de la remoción de espolones, embarcaderos, y alimentación de las áreas con arenas. Busca la restauración de manglares y acantilados junto con el desarrollo de los arrecifes de coral.
- **Obras de ingeniería dura:** es una solución con elementos como los geotubos o bolsas de arena, los espolones con estudios adecuados, los embarcaderos y las obras rompeolas.
- **Medidas no estructurales:** que consiste en no realizar intervenciones al sistema, se espera el retroceso costero, se debe evitar las zonas de riesgo y se le apuesta a la reubicación para la recuperación autónoma del sistema.

Aunque el plan aún está en construcción, es una herramienta clave para mitigar uno de los efectos relacionados con el ascenso del nivel medio del mar como la erosión. Sin embargo, es un plan que no es participativo, pues aún se continúa midiendo la participación de las comunidades con la adecuada socialización de los proyectos.



## **5. Conclusiones y recomendaciones**

### **5.1 Conclusiones**

No existe un consenso nacional respecto a las tasas de ascenso del nivel medio del mar a nivel regional, razón por la cual la medida más confiable es la aceptada a nivel mundial por el panel Intergubernamental de Expertos de Cambio Climático con los 4 posibles escenarios de RCP.

Como lo afirma (Málíkov, 2010) los futuros aumentos del nivel del mar, no serán uniformes a nivel global, mientras que en algunas regiones se muestran aumentos por encima de la media, en otros se observa descenso.

De acuerdo con Pabón & Lozano (2005) para estudios a nivel local sobre el aumento del nivel medio del mar, es necesario considerar factores regionales que puedan incidir en las mediciones, como la ocurrencia de rebotes isostáticos, los procesos tectónicos y/o procesos locales como el diapirismo de lodos en el Caribe.

Aunque la mayoría de los escenarios a nivel nacional y regional se proyectan hacia el 2050 o al 2100, es necesario hacer análisis con distancias temporales más cercanas y buscar alternativas de solución que incluya la reubicación de comunidades, con las condiciones necesarias que les permitan ser resilientes ante el fenómeno.

Es necesario incluir las categorías de refugiados y desplazados ambientales que protejan a las comunidades que deben salir de sus territorios, como en los casos de Tuvalu y Maldivas en la categoría de refugiados (salida del territorio) y los indígenas bayous desplazados (reubicación dentro del territorio).

La desigualdad de los impactos por el calentamiento global tiene sus raíces en la sociedad y en la capacidad de respuesta de las comunidades. Se habla en términos de justicia espacial y climática.

El calentamiento global, el cambio climático, las catástrofes y los desastres naturales están generando una nueva categoría que son los refugiados ambientales y superan por más del doble a las personas desplazadas o refugiadas por el conflicto a nivel mundial.

Los escenarios son proyecciones de situaciones posibles que tienen grados de incertidumbre, por esto es mejor hacer aproximaciones con escenarios globales si no se cuenta con la información suficiente a nivel local.

La priorización de zonas de erosión costera no es un proceso participativo por lo tanto hay zonas del país que no están en los planes de atención frente a este fenómeno, aunque su exposición y vulnerabilidad sea mayor.

Las culturas palafíticas del Pacífico colombiano podrían ser más resilientes a eventos marítimos que las culturas del Caribe.

Con la adaptación basada en ecosistemas que promueve el Ministerio de Ambiente y Desarrollo debería incluirse al mismo nivel la adaptación basada en comunidades, que como los casos en el Pacífico pueden tener soluciones prácticas a este tipo de problemáticas.

Aunque las obras blandas son procesos a mediano y largo plazo para enfrentar la erosión costera es necesario explicar la relación calidad precio en términos de tiempo, respecto a las obras duras, para incidir y disminuir las intervenciones realizadas por obras ingenieriles que pueden acelerar los impactos.

En lugares donde la información es escasa, es clave y fundamental apoyarse en los conocimientos locales, que dan cuenta de los fenómenos en las zonas, que la ciencia o el Estado no han podido documentar.

El motor 5 para pérdidas y degradación de servicios ecosistémicos, y que corresponde al cambio climático en la PNGIBSE puede exacerbar los restantes motores, y agudizar la problemática en torno a la pérdida de estos.

Los procesos de educación ambiental han logrado generar cambios en la comunidad y su relación con los ecosistemas, sin embargo, como son procesos, deben mantenerse en el tiempo para no retornar al punto inicial donde no se medían las consecuencias de los actos humanos sobre la naturaleza.

En Isla Múcura, la confianza en la Institucionalidad se ha debilitado por ese motivo las labores ejercidas por Parques Nacionales en la zona no tienen aprobación por parte de todos los actores de la Isla.

Con el aumento del nivel medio del mar se agudizan 3 fenómenos físicos, las inundaciones, la erosión costera y la intrusión salina, fenómenos que se presentan desde hace un tiempo en la Isla.

El efecto del ascenso del nivel medio del mar sobre los ecosistemas no será el mismo, pueden disminuir los servicios de manglares, playas, lagunas y pastos marinos, pero el comportamiento que se presenta con los corales, los fondos blandos y los litorales rocosos aún deben investigarse como lo afirman INVEMAR & MADS (2003).

El retroceso de los manglares ante el aumento del nivel del mar es uno de los efectos que se presenta con mayor velocidad, situación que ya se presentó en la extinta isla Maravilla.

Los corales están dentro del grupo de ecosistemas más vulnerables al cambio climático, sin embargo, la variable que más los afectará es el aumento de la temperatura superficial del mar, que ya ha generado blanqueamiento de coral en el archipiélago de San Bernardo.

Existen ecosistemas que dominan el conocimiento local, los manglares, arrecifes, las lagunas costeras y las playas, sin embargo, hay ecosistemas como los fondos arenosos, los litorales rocosos y las praderas de pastos marinos que no son familiares para la gente de Puerto Caracol.

A través de las metodologías cualitativas se encontraron 82 servicios ecosistémicos provistos por 7 ecosistemas que son valores objeto de conservación de PNNCRSB, el 61% de los servicios puede disminuir o degradarse como consecuencia del ascenso del nivel medio del mar.

Con la pérdida o degradación de los servicios ecosistémicos identificados se puede perder hábitat para especies endémicas y con ello llegar a su extinción, también se pone en riesgo la seguridad alimentaria de las comunidades así mismo lo afirma (IPCC, 2018).

Dentro de los servicios ecosistémicos disminuidos o degradados está el servicio de hábitat y refugio que proveen los ecosistemas analizados, y con ello la pérdida de biodiversidad y la necesaria redistribución global de las especies que allí se refugian.

Los ecosistemas costeros como los aquí trabajados y las zonas bajas continuarán en riesgo por el aumento del nivel del mar, pues el (IPCC, 2018) asegura que este no cesará aun si se estabilizara la temperatura media global.

La memoria colectiva a través de 3 escenarios (pasado, presente y futuro) permite conocer la transformación de los lugares ante fenómenos lentos como el ascenso del nivel medio del mar.

Hay evidencias de Islas con las mismas características de Isla Múcura, que pueden proyectar un escenario futuro para la Isla sino se toman las medidas necesarias.

La intrusión salina y las inundaciones pueden poner en riesgo los recursos de agua salobre para los habitantes.

La pérdida de servicios ecosistémicos puede poner en riesgo la permanencia de la comunidad en la Isla, rompiendo los esquemas económicos, sociales y culturales que se han construido desde hace 60 años.

La voz de alerta que dan las comunidades al realizar trabajos sobre percepción e identificación de servicios, sirven para continuar realizando investigaciones en áreas donde

no existen estudios profundos y a través de la experiencia se genera y fortalece el conocimiento.

Puerto Caracol entiende la importancia de los manglares contra la erosión costera y el aumento del nivel medio del mar, por eso varios de los proyectos en los que han participado y quisieran continuar, es en restauración de manglar y protección de corales.

El turismo masivo, aunque genera ingresos económicos para los habitantes, está causando degradación de los ecosistemas de la Isla, como la contaminación de la laguna costera en la playa turística, el aumento de residuos sólidos y la disminución en los recursos pesqueros por la demanda de alimentos, donde los procesos antrópicos tienen mayor participación que los fenómenos naturales.

Como lo muestra el Plan Maestro de Erosión Costera respecto a las medidas de prevención, mitigación y control de la erosión, las obras blandas o la adaptación basada en ecosistemas es la mejor alternativa contra la erosión en la Isla, sin embargo, es necesario fortalecer los procesos comunitarios de restauración de manglares para materializar la medida.

Aunque el plan aún está en construcción, es una herramienta clave para mitigar uno de los efectos relacionados con el ascenso del nivel medio del mar como la erosión. Sin embargo, es un plan que no es participativo, pues aún se continúa midiendo la participación de las comunidades con la adecuada socialización de los proyectos.

Realizar análisis de efectos como cambios generales que pueden presentarse por el aumento del nivel medio del mar, contribuyen al inicio de investigaciones que a través de la evaluación de impactos y la valorización económica de los servicios que pueden perderse por el fenómeno, alerten a los tomadores de decisiones para llevar soluciones adecuadas.

## 5.2 Recomendaciones

Es importante realizar estudios a nivel local sobre los efectos ambientales del ascenso del nivel medio del mar; actualmente los estudios y proyecciones de escenarios futuros de inundación están dados a escalas a nivel global, nacional y/o regional, que no responden a las necesidades locales para trabajar sobre proyectos de adaptación y/o mitigación al calentamiento global.

Para el archipiélago es necesario instalar un mareógrafo cercano que pueda dar datos respecto al aumento del nivel del mar año tras año, lo que permitiría calcular una escala de ascenso anual y realizar proyecciones con escenarios mucho más cercanos a la realidad durante las investigaciones.

Es fundamental realizar estudios que muestren la percepción de las comunidades ante ciertos eventos y que puedan calcular hacer una valoración sobre los servicios ecosistémicos expuestos.

El acceso a la documentación pública por trámites burocráticos es restringido lo que impide los avances necesarios en las investigaciones académicas.

Debe realizarse un levantamiento de un modelo de elevación digital de terreno para la Isla con una escala detallada a nivel de cm y con puntos de control GPS de doble frecuencia que mejoran la calidad de los datos. Y construir un modelo a nivel local que permita analizar qué zonas se pueden perder con tasas de ascenso del nivel del mar, que tengan en cuenta los ecosistemas, la geomorfología y la geología de la Isla. Actualmente estos modelos existen para escalas a nivel global y regional.

Es fundamental el apoyo económico y el impulso para que las investigaciones no tengan solamente como área de estudio el centro del país, si existen recursos públicos de la nación que apoyan los procesos académicos, y la Universidad Nacional de Colombia es el patrimonio de todos los colombianos; los procesos deben ser coherentes y así mismo deberían ser las investigaciones, ocupando diferentes regiones del país.



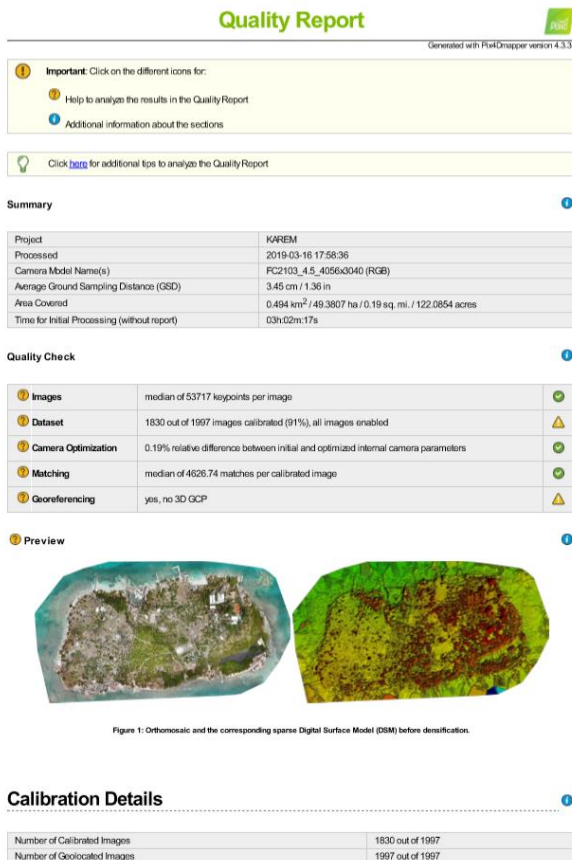
Es importante que las entidades como Parques Nacionales Naturales, fortalezcan los procesos de educación ambiental en el lugar, sensibilicen y generen consciencia, no solo en las futuras generaciones, también en quienes ejercen actualmente la presión sobre los bienes ambientales, como pescadores, administradores de restaurantes, hostales y hoteles y guías, respecto al cuidado de los ecosistemas para que la habitabilidad perdure en la Isla.

Se debe realizar un estudio de capacidad de carga de la Isla, que contribuya a su cuidado, donde se controle el acceso mensual de turistas al lugar y que las normas o leyes para el cuidado de la Isla, se apliquen equitativamente involucrando a todos los actores.



# A. Anexo: Informe sobre el procesamiento de fotografías con dron programa Pix4D Mapper

El programa Pix4D mapper que funciona para procesar fotografías y obtener ortofotomosaicos, modelos digitales de superficie y modelos digitales de terreno, durante el proceso arroja informes que permiten consultar la calidad del proceso y de la información.



Fuente: Pix4D (2019).



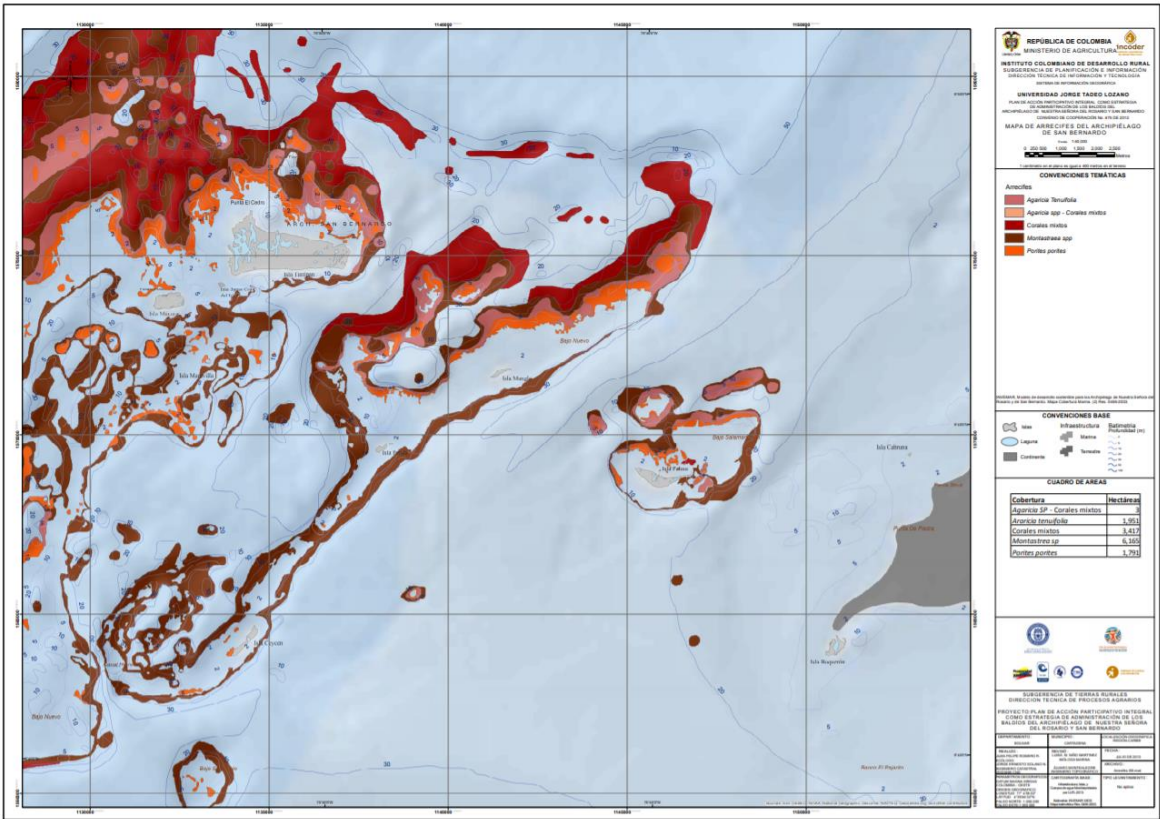
## B. Anexo: Encuestas aplicadas.

Nombre	Rosa Merj	Eulises	Manuel del cristo	Angelica del Toro	Maribel	Erika
Edad	28	24	56	19	40	35
Lugar de nacimiento	Isla Múcura	Islote	Pincón del mar	Berrugas	Berrugas	Isla Múcura
Con cuantas personas vive	5	11	3	6	4	4
Hace cuanto vive en la isla	28	24	26	4	30	35
Tiene hijos	sí	no	sí	Sí	sí	sí
Número de hijos	3	0	1	1	2	2
Sabe leer y escribir	sí	sí	sí	sí	sí	no
los hijos van a la escuela	sí	-	ya terminó	Está embarazada	sí	sí
trabaja	no	sí	sí	Sí	no	no
Actividad, donde trabaja	-	hotel	pesca y tienda	restaurante	-	-
De donde son sus padres	Mamá: Isla Múcura Papá: Berrugas	mamá: berrugas Papá: Isla Múcura	Rincón del mar	Berrugas	Berrugas	Isla Múcura
Tiene familia en otras ciudades		sí	Sí	Sí	Sí	sí
En qué ciudades		Cartagena y Berrugas	Tolú y rincón del mar	cartagena, berrugas	Berrugas, Cartagena	berrugas, toló
Cuales son los ambientes que conoce de la isla	Laguna	Laguna	Mar	Manglar	Manglares	Palmas
	coral	Manglar	Corales	Laguna	Lagunas	Manglar
	manglar	Palma	Manglar	Palmas	palmas	Laguna
	palmas	coral	Palmas			Coral
		Mar				
Qué le sirve de ellos?	Laguna: pescar	Laguna: plancton	Mar: buceo	Manglar: leña seca	Manglares: leña de los palos secos	Palmas: coco
	Palmas: coco para la cocina	coral: caretear	Corales: buceo	Laguna: ninguno	Lagunas: ninguno	Manglar: leña con los palos secos
		Titipan: pesca	Manglar: nada porq está prohibido	Palmas: ranchos y sombreros	palmas: construcción de techos y coccos para cocinar	Laguna: ninguno, es actividad para los hombres
			Palmas: construcción kiosko			Coral: ninguno
De esos sitios algunos se han perdido	no	no pero están muy deteriorados	sí	sí	Sí	No
cuáles?	-	el coral	manglar	manglar	Una parte de manglar	-
por qué razón?	-	no se cuidan	El mar se lo lleva	el mar de leva lo arraza	El mar se lo lleva	-
el agua del mar hasta donde ha llegado	frente a su casa ( cerca a la mesa de billar)	un poquito antes de la planta de panel solar	se ha metido hasta las casas. Llega cerca a la planta de energía	algunas casas de la orilla	hasta la puerta de su casa	Hasta su casa
ubicación	frente a su casa ( cerca a la mesa de billar)	cerca de donde Frank y cerca al colegio	cerca a la planta de paneles	Franklin	parte de atrás de puerto caracol	parte de atrás de puerto caracol
en qué temporada?	Diciembre	Octubre a Diciembre	Octubre y noviembre	Octubre y noviembre	Octubre- Noviembre	Octubre a Diciembre
qué inunda?	algunas casas	algunas casas y	las casas de la orilla	algunas casas	las casas	las casas y tiendas
Se han perdido las playas	sí	sí	sí	Sí	Sí	Sí
cuanto	en la parte de atrás de la isla habia playa	La playa pública tenía aproximadamente 10 metros más	el doble de lo que hay	se perdió la de la parte de atrás y la pública era el doble de grande	En la parte de atrás de la isla habia playa ( cerca del hostal Dahalandia)	Le llamaban el Cholo, mas grande que la playa de la punta
Se han perdido islas	sí	Sí	sí	Sí	Sí	sí
cuales?	maravilla	Maravilla y Saice	maravilla	maravilla	maravilla y panda se está perdiendo	maravilla

Fuente: Sistematización de encuestas obtenidas en campo.



# C. Anexo: Arrecifes del archipiélago para el 2012.



Fuente: Observatorio de los archipiélagos de Nuestra Señora del Rosario y San Bernardo (2015).





**D. Anexo: Jornada de liberación de tortugas.**





a)



b)



Fuente: Karem Acero (2019)

Participación en la jornada de liberación de tortugas el 2 de marzo del 2019. Se liberaron 6 tortugas, 4 tortugas Carey (b) y dos tortugas verdes (c), de diferentes edades. Loss grupo ecologicos *los meros sabios* (Isla Múcura) y *salvadores del arrecife* (Islote de Santa Cruz) organizaron la liberacion, que se llevo a cabo en la playa privada del Hotel Punta Faro.

**E. Anexo: Erosión en Isla Múcura.**

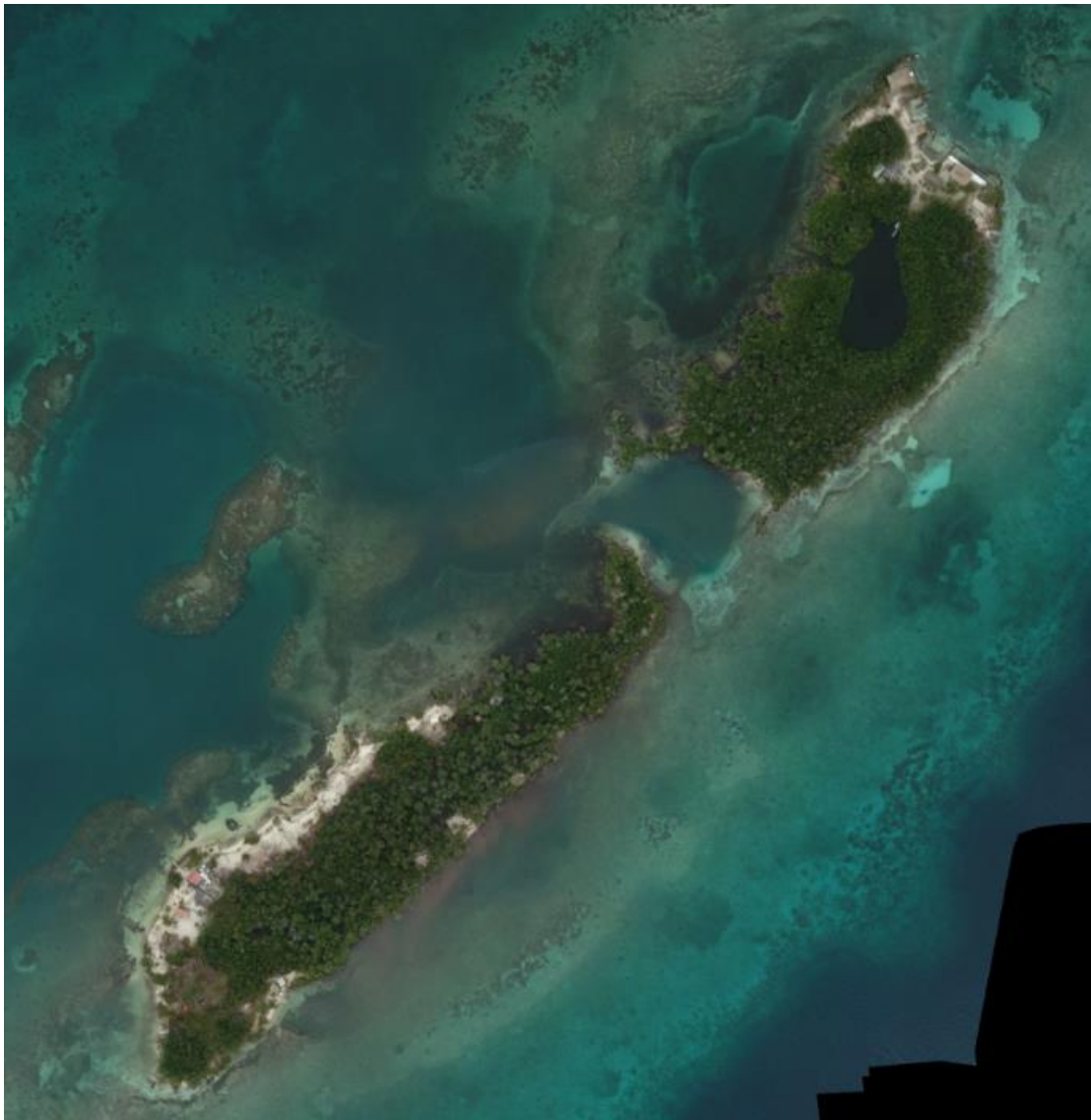




Fuente: Karem Acero (2019)

Sectores del sur y el occidente de la Isla, donde se presentan los mayores problemas de erosión costera. Varias palmas van perdiendo su raíz mientras el agua avanza, es claramente identificado por la comunidad.

## **F. Anexo: Islas divididas actualmente.**






Fuente: PNNCRSAB (2018) Ortofotomosaico con Dron Phantom 4 pro. Isla Ceycén.






Fuente: PNNCRSB (2018) Ortofotomosaico con Dron Phantom 4 pro. Isla Panda.




Son dos islas de pescadores que se ubican en el archipiélago, junto a Isla Maravilla ya sumergida, son las evidencias de los daños antrópicos por la extracción de arenas y manglar que aceleran la erosión y pérdida de terreno por el aumento del nivel medio del mar. Actualmente por su extensión e intrusión salina son las más expuestas al fenómeno.

# G. Anexo: Día mundial de observación de aves.

Especie	Fotografía
Garza azul <i>Egretta caerulea</i>	
Pigua o gavián garrapatero <i>Milvago chimachima</i>	
Sirirí <i>Tyrannus melancholicus</i>	

<b>Especie</b>	<b>Fotografía</b>
Cormorán neotropical <i>Phalacrocorax brasilianus</i>	 A photograph of a Neotropical Cormorant perched on a thick, light-colored branch. The bird is facing right with its wings fully spread, showing dark feathers. The background consists of a dense network of green branches and leaves.
Fragata tijereta <i>fregata magnificens</i>	 A photograph of a Magnificent Frigatebird perched on a branch within a thicket of green foliage. The bird is dark with a prominent, bright red throat patch. It is facing left.
Mariamulata <i>Quiscalus mexicanus</i>	 A photograph of a Mexican Quail perched on a branch. The bird has a dark upper body and a lighter, yellowish-buff underbelly. It is facing right. The background shows a complex structure of brown and green branches.



Especie	Fotografía
Charrán real <i>Thalasseus maximus</i>	
Pelicano <i>Pelecanus occidentalis</i>	
Paloma coroniblanca <i>Patagioenas leucocephala</i>	

Fuente: Karem Acero (2019).



## Bibliografía

- Aguilera, L. E. C., Bonilla, H. R., López, C. O. N., & Pérez, R. A. L. (2017). Los arrecifes coralinos de México: servicios ambientales y secuestro de carbono. *Elementos para Políticas Públicas*, 1(1), 53-62. Recuperado de <http://www.elementospolipub.org/ojs/index.php/epp/article/view/5/5>
- Alcaldía de Cartagena de Indias, MADS, Invemar, CDKN, & Cámara de Comercio. (2014). *Lineamientos de adaptación al cambio climático del área insular del distrito de Cartagena de Indias* (F. Castaño, J. Moreno, L. Ospino, A. López, & M. Ulloque, eds.). Recuperado de <http://cinto.invemar.org.co/share/proxy/alfresco/api/node/content/workspace/SpacesStore/edb46d41-7be5-4fe1-a811-028b0457ae94/0064-LineamientosdeAdaptacionalCambioClimaticodelArealInsulardelDistritodeCartagenadelIndias.pdf>
- Alcaldía de Cartagena de Indias, MADS, INVEMAR, CDKN, & Cámara de Comercio de Cartagena. (2014). *Plan 4C: Cartagena Competitiva y Compatible con el Clima* (C. Zamora, Anny; López, Angela, Trujillo, Verónica; Martínez, ed.). Santa Marta: Serie de Publicaciones Generales del INVEMAR.
- Alva, C. (2015). Arrecifes de coral, servicios ecosistémicos y cambio climático. *Researchgate, La jornada Ecológica*, (February). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18600.26887>
- Baker, J., Littnan, C., & Johnston, D. (2007). Potential effects of sea level rise on the terrestrial habitats of endangered and endemic megafauna in the Northwestern Hawaiian Islands. *Endangered Species Research*, 2(December), 21-30. <https://doi.org/10.3354/esr002021>
- Baringo, D. (2013). La tesis de la producción del espacio en Henri Lefebvre y sus

- críticos: un enfoque a tomar en consideración. *Revista del área de estudios urbanos del Instituto de Investigaciones Geno Germani de la Facultad de Ciencias Sociales (UBA)*, 3, 110-126. Recuperado de [https://www.fundacionhenrydunant.org/images/stories/biblioteca/derecho-vivienda-ciudad-territorio/Produccion\\_del\\_Espacio\\_en\\_HLefevre.pdf](https://www.fundacionhenrydunant.org/images/stories/biblioteca/derecho-vivienda-ciudad-territorio/Produccion_del_Espacio_en_HLefevre.pdf)
- Bernal, N. (2012). *Cobertura arrecifal de Isla Fuerte, en relación con su uso y normativas de manejo, Cartagena, Bolívar, Caribe Colombiano*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Borrás, S. (2009). Aproximación al concepto de refugiado ambiental: origen y regulación jurídica internacional. *Universidad de Cádiz, 2015*(March 2014), 1-15. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2478.2012.01132.x>
- Borràs, S. (2009). Aproximación al concepto de refugiado ambiental: origen y regulación jurídica internacional. *Universidad de Cádiz, 2015*(March 2014), 1-15. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2478.2012.01132.x>
- Bowdery, C., Xu, A., Brown LLP Stephen Yeh, M., Asociado, A., Brown LLP Traducción al español, M., Rubiano Edición, C., ... Ejecutivas Anna Cederstav Astrid Puentes Abogada Sénior del Programa de Biodiversidad Marina Protección Costera Gladys Martínez, C. (2015). *GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS DE REGULACIÓN para la Protección de Arrecifes de Coral*. Recuperado de [http://www.aida-americas.org/sites/default/files/featured\\_pubs/guia\\_de\\_buenas\\_practicas\\_de\\_regulacion\\_para\\_la\\_proteccion\\_de\\_arrecifes\\_de\\_coral\\_0.pdf](http://www.aida-americas.org/sites/default/files/featured_pubs/guia_de_buenas_practicas_de_regulacion_para_la_proteccion_de_arrecifes_de_coral_0.pdf)
- CARDIQUE. (2010). *Sistema de gestión ambiental- SIGAM- Archipiélago Islas del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte*.
- Carretero, S., Rapaglia, J., & Kruse, E. (2012). *Análisis de la futura intrusión salina en un acuífero costero como respuesta al cambio climático . Partido de la Costa , provincia de Buenos Aires*. (January), 34-40.
- Cervantes Maldonado, A., & Quintero, E. (2016). La importancia de conservar las praderas de pastos marinos. *Biodiversitas*, 128(October), 12-16. Recuperado de <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/12764.pdf>
- Contraloría General de la República. (2012). *Estado de los Recursos Naturales y*

- del Ambiente 2011 - 2012*. 512.
- Correa, C. (1995). *Manual para la gestión de proyectos de desarrollo tecnológico*. Bogotá.
- Correa, I., & Lorduy, R. (2016). *Implicaciones del ascenso del nivel del mar sobre los litorales de Colombia*. (February). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2547.0487>
- Danley, B., & Widmark, C. (2016). Evaluating conceptual definitions of ecosystem services and their implications. *Ecological Economics*, 126, 132-138. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.04.003>
- Díaz, J., Barrios, L., Cendales, M., Garzón, J., Geister, J., López, M., ... Zea, S. (2000). Áreas coralinas de Colombia. *Serie Publicaciones especiales*, (5), 178. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(09\)60383-6](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(09)60383-6)
- Díaz, J. M. (2002). *Golfos y bahías de Colombia* (IM EDITORE; S. Montes, Ed.). Recuperado de <https://www.imatedores.com/banocc/golfos/creditos.htm>
- Duque, M., & Torres, L. (2011). Aspectos socioeconómicos de las principales comunidades del archipiélago de San Bernardo, sector de Barú y archipiélago de Nuestra Señora del Rosario. En *El entorno ambiental del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y de San Bernardo* (p. 417). Cartagena de Indias: PNNCRSB.
- Egea, C., & Soledad, J. I. (2011). Los desplazados ambientales, más allá del cambio climático. Un debate abierto. *Cuadernos Geograficos*, (49), 201-215. <https://doi.org/10.1186/gb-2012-13-12-r118>
- El Espectador. (2016). La otra crisis: los refugiados climáticos. Recuperado de Periódico digital El Espectador. Redacción Internacional website: <https://www.elespectador.com/noticias/elmundo/otra-crisis-los-refugiados-climaticos-articulo-630611>
- Flórez, C. a., & Andrés Etter. (2003). Caracterización Ecológica de las Islas Múcura Y Tintipán, Archipiélago De San Bernardo, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 27(104), 343-356. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Gilman, E. L., Ellison, J., Duke, N. C., & Field, C. (2008). Threats to mangroves from climate change and adaptation options: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 237-250. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.009>
- González, H. (2011). *Análisis del panorama general de la problemática ambiental de Isla Fuerte, Caribe Colombiano, para formular lineamientos necesarios que permitan la generación de un plan de manejo pesquero.*
- Hernández, A., & Güiza, F. (2016). Información Geográfica Voluntaria (IGV), estado del arte en Latinoamérica. *Revista Cartográfica*, (May), 35-55. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12987.41761>
- Hernández Félix, L., Molina Rosales, D., & Agraz Hernández, C. (2017). Servicios ecosistémicos y estrategias de conservación en el manglar de Isla Arena. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 14(3), 23. <https://doi.org/10.22231/asyd.v14i3.644>
- Hiernaux, D. (2016). *DEFINICIÓN: Cartografía participativa, cartografía social / cartografía participativa / participatory cartography, participatory mapping*. (July).
- IAvH. (2014). *El bosque seco tropical en Colombia* (C. Pizano & H. García, Eds.). Bogotá.
- IAvH. (2019). Biodiversidad en el mundo. Recuperado de <https://sibcolombia.net/actualidad/biodiversidad-en-cifras/>
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA. (2017). *Tercera comunicación nacional de Colombia*. Recuperado de [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023731/TCNCC\\_COLOMBIA\\_CMNUCC\\_2017\\_2.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023731/TCNCC_COLOMBIA_CMNUCC_2017_2.pdf)
- INCODER, & UJTL. (2014). *Visión integral de los Archipiélagos de Nuestra Señora del Rosario y de San Bernardo: Ambiente y Desarrollo en el Caribe colombiano* (Vol. 3).
- INVEMAR. (2003). *Las praderas de pastos marinos en Colombia. Estructura y distribución de un ecosistema estratégico* (J. M. Díaz, M. Barrios, & D. I. Gómez-López, Eds.). Santa Marta.
- INVEMAR. (2015). Caracterización y diagnóstico del estado de los litorales rocosos

- del Caribe Colombiano con fines de determinar los indicadores de integrad. Fase I: Caracterización ecorregion Darién.
- INVEMAR. (2016). *Caracterización y diagnóstico del estado de los litorales rocosos del Caribe Colombiano con fines de determinar los indicadores de integridad ecológica. Fase II: Ecorregiones Darién, Archipiélagos Coralinos y Tayrona*. Santa Marta.
- INVEMAR (eds). (2011). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PRO 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*. 61.
- INVEMAR, & MADS. (2003). *Programa Holandés de Asistencia para estudios en 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, Insular y Pacífico)*. Santa Marta.
- INVEMAR, & MADS. (2012). *Plan de manejo del área marina protegida de los archipiélagos de Rosario y San Bernardo AMP-ARSB: 2013-2023*. 155.
- IPCC; Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., Bindi, M., Abdul Halim, S., Achlatis Australia, M., ... Waterfield, T. (2018). Capítulo 3. Impactos de 1.5°C del calentamiento global en sistemas naturales y humanos. *Calentamiento global de 1.5°C. Un Informe Especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1.5° por encima de los niveles preindustriales y las vías globales relacionadas con las emisiones de gases de efecto invernadero, en el contexto del*. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/chapter-3/>
- IPCC. (2013a). Cambio climático 2014 Informe de síntesis Resumen para responsables de políticas. *Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, 27. [https://doi.org/10.1016/S1353-8020\(09\)70300-1](https://doi.org/10.1016/S1353-8020(09)70300-1)
- IPCC. (2013b). Resumen para responsables de políticas. En *Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*.

Cambridge y Nueva York.

- IPCC. (2018). Impacts of 1.5°C of Global Warming on Natural and Human Systems. *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change*, 175-311. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/sr15>
- Jorge, F. (2009). *El caso de Tuvalu: redefinición de las nociones de refugiado, desplazado, asilado y apátrida* (Pontificia Universidad Javeriana). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10554/127>
- Kumano, M. Y. (2016). Los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo y los desplazados climáticos. *Instituto Español de Estudios Estratégicos*, 1-14.
- Lizarazo, Juan; López, C. (2011). *Identificación de amenazas y vulnerabilidades del PNNCRySB*.
- Lobatón, S. B. (2009). *Reflexiones sobre Sistemas de Información Geográfica Participativos (sigp) y cartografía social Reflexões sobre Sistemas de Informação Geográfica Participativos (sigp) e cartografía social Reflections on Participative Geographical Information Systems (pgi)*. 9-23. Recuperado de [www.humanas.](http://www.humanas.)
- López, J. (2007). *Wikiloc: software libre y APIs de Google Maps para visualizar y compartir rutas GPS*. (1). Recuperado de <http://dugi-doc.udg.edu/handle/10256/1197>
- MADS. (2012). *Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE)*. Bogotá.
- MADS, INVEMAR, DIMAR, SGC, BV, A. N., Deltares, ... Caribe, F. H. A. (2017). *Plan Maestro de Erosión Costera Colombia - Resumen*.
- MADS, & PNUD. (2014). *V Informe nacional de Biodiversidad en Colombia ante el Convenio de Diversidad Bioògica*. Bogotá.
- Málikov, Í. (2010). Análisis de las tendencias del nivel del mar a nivel local y su relación con las tendencias mostradas por los modelos internacionales. En *Journal of Chemical Information and Modeling*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>



- Martínez A., N. J., Robertson D., K. G. , Jaramillo R., O., Cuervo, M. P., Cano C., C., Pardo, J. E., ... Vargas C., G. (2001). *Vulnerabilidad y adaptación de la zona costera colombiana al ascenso acelerado del nivel del mar*. Recuperado de [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018186/Vulnerabilidad costas.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018186/Vulnerabilidad%20costas.pdf)
- Morales Yago, F. J. (2015). La ciudad de Valencia como espacio percibido por los estudiantes universitarios. Aportaciones desde el análisis propuesto por la geografía de la percepción. *Estudios Geográficos*, 76(278), 203-233. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201507>
- Niño, L., & Posada, C. (2015). *Observatorio para el desarrollo sostenible de los archipiélagos de Nuestra Señora del Rosario y San Bernardo*. Recuperado de <http://observatorioirsb.org/web/wp-content/uploads/2015/11/observatorio-para-el-desarrollo-sostenible-de-los-archipiélagos-de-nuestra-senora-del-rosario-y-de-san-bernardo.pdf>
- NRC, (Norwegian refugee council). (2018). *Internal displacement monitoring centre*. (December 2017), 4-55. Recuperado de <http://www.internal-displacement.org/global-report/grid2018/>
- Ordosgoitia, Y. (2011). Procesos históricos de las comunidades asentadas en el archipiélago del Rosario, Isla Barú, Isla de Tierra Bomba y archipiélago de San Bernardo. En E. Zarza (Ed.), *El entorno ambiental del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y de San Bernardo* (p. 417). Cartagena de Indias.
- Ortega, V. (2018). *Procedimiento para la captura de datos fotogramétricos con la ayuda de aparatos controlados remotamente, como herramienta para la evaluación en estabilidad de taludes y difusión con realidad aumentada*. Recuperado de <http://e-journal.uajy.ac.id/14649/1/JURNAL.pdf>
- OXFAM. (2017). *Desarraigados por el cambio climático: La necesidad de responder al aumento del riesgo de desplazamientos* (S. Richards, Julie-Anne; Bradshaw, Ed.). Recuperado de <https://www.oxfam.org/es/informes/desarraigados-por-el-cambio-climatico>

- Pabón, J. D. (2003a). El aumento del nivel del mar en las costas y área insular de Colombia: investigación y desarrollo de territorios olvidados. En *El mundo marino de Colombia: investigación y desarrollo de territorios olvidados* (UNIBIBLOS, pp. 75-82). Bogotá.
- Pabón, J. D. (2003b). El aumento del nivel del mar en las costas y área insular de Colombia. En D. N. Castillo Murijello, Norma Constanza; Alvis Palma (Ed.), *El mundo marino de Colombia: investigación y desarrollo de territorios olvidados* (pp. 75-83). Bogotá: o.
- Pabón, J. D., & Lozano, J. A. (2005). Aspectos relacionados con las estimaciones globales y regionales del ascenso del nivel del mar, y su aplicación a Colombia. *Cuadernos de Geografía*, (14), 97-106. <https://doi.org/10.15446/rcdg>
- Parra Moreno, C. F., & Muñoz Rojas, J. H. (2015). Dinámica ambiental y económica en la localidad de Puente Aranda en Bogotá. *Revista Latinoamericana de Bioética*, 14(27-2), 28. <https://doi.org/10.18359/rlbi.505>
- Patiño, F., & Flórez, F. (1993). *Estudio Ecológico del Golfo de Morrosquillo*. Bogotá: Universidad Nacional.
- PNN. (2017). *Comportamiento de visitantes en áreas protegidas (AP) con vocación ecoturística*. 11. Recuperado de <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/ecoturismo/asi-va-el-ecoturismo-en-parques/>
- PNNCRSB. (2006). *Plan de manejo Parque Nacional Natural Corales Del Rosario y San Bernardo*.
- Posada, B. O., Henao, W., & Morales, D. F. (2011). *Diagnóstico de la Erosión Costera del Territorio Insular Colombiano*. Recuperado de <http://cinto.invemar.org.co/share/proxy/alfresco/api/node/content/workspace/SpacesStore/47b8b763-0448-46a4-b31a-4719019bd5e7/024-DiagnosticodelaErosionCosteradelTerritorioInsularColombiano.pdf>
- Ricaurte, C. ., Coca, O. ., González, M. E. ., Bejarano, M. ., Morales, D. F. ., Correa, C. ., ... Arteaga, M. E. (2018). *Amenaza y Vulnerabilidad por Erosión Costera en Colombia: Enfoque regional para la gestión del riesgo* (Vol. 33). Santa Marta: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras «José Benito Vives de

- Andrés» INVEMAR.
- Rincón, A., Echeverry, M., Piñeros, A. M., Tapia, C. H., David, A., Arias, P., & Zuluaga, P. A. (2014). *Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: Aspectos conceptuales y metodológicos*. Bogotá: Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Rincón, M., & Rodríguez, C. (2004). Caracterización de playas de anidación y zonas de alimentación de Tortugas Marinas en el Archipiélago De San Bernardo, Caribe Colombiano. *Bulletin of Marine and Coastal Research*, 33(854), 137-158. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2004.33.0.252>
- Romero, J. ., & Niño, L. . (2014). *Atlas ambiental de los Archipiélagos de Nuestra Señora del Rosario y de San Bernardo* (INCODER & UJTL, Eds.). Recuperado de [file:///C:/Users/home/Desktop/BARU/atlas-con-portada\\_001.pdf](file:///C:/Users/home/Desktop/BARU/atlas-con-portada_001.pdf)
- Sánchez, L. E. (2011). *Evaluación del Impacto Ambiental Conceptos y Métodos*. (E. Ediciones, Ed.). Bogotá D.C: Ecoe Ediciones.
- Strauss, B. H., Kulp, S., & Levermann, A. (2015). Mapping choices. Carbon, climate, and rising seas our global legacy. *Climate Central Research Report*, (November). Recuperado de <http://sealevel.climatecentral.org/uploads/research/Global-Mapping-Choices-Report.pdf>
- Tobasura, Isaías; Sepúlveda, L. (1997). *Proyectos ambientales escolares. Estrategia para la formación ambiental*. (1.<sup>a</sup> ed.; C. E. Magisterio, Ed.). Bogotá.
- UNESCO. (2010). *Aumento y variabilidad del nivel del mar. Resumen para responsables de políticas*. (K. Rayner, JL; Lambeck, Ed.). Paris.
- Vega, J. (2011). *El calentamiento global como amenaza a la seguridad: el caso de Tuvalu y sus repercusiones internacionales* (Universidad del Rosario). Recuperado de <http://repository.urosario.edu.co/flexpaper/handle/10336/2952/VegaOrozco-JavierRicardo-2011.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Vester, F. (1976). *Ballungsgebiete in der Krise*. Stuttgart.
- Vide, D., & Briansó, M. (2014). *Análisis de los servicios ecosistémicos producidos*

*por los manglares a partir de la percepción de la comunidad de Curral Velho.*

Recuperado de

[https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2014/hdl\\_2072\\_248363/PFC\\_BriansoVide\\_resum.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2014/hdl_2072_248363/PFC_BriansoVide_resum.pdf)

Zarza, E., & Gómez, J. (2011). Lagunas costeras e interiores. En PNNCRSB (Ed.), *El entorno ambiental del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y de San Bernardo* (p. 417). Cartagena de Indias.