

Estudio de Caso en Adaptación al Cambio Climático:

Ascenso del Nivel del Mar en
Trinidad y Tobago

Gorm Jeppesen
Roar Jensen
Berislav Tomicic
Fernando Miralles-Wilhelm
Raúl Muñoz Castillo

**División de Agua y
Saneamiento**

**NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-812**

Estudio de Caso en Adaptación al Cambio Climático:

Ascenso del Nivel del Mar en
Trinidad y Tobago

Gorm Jeppesen

Roar Jensen

Berislav Tomicic

Fernando Miralles-Wilhelm

Raúl Muñoz Castillo

Septiembre 2015

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo

Estudio de caso en adaptación al cambio climático ascenso del nivel del mar
en Trinidad y Tobago / Gorm Jeppesen, Roar Jensen, Berislav Tomicic,
Fernando Miralles-Wilhelm, Raúl Muñoz Castillos.

p.cm. — (Nota técnica del BID ; 812)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Climatic changes— Adaptation— Trinidad and Tobago 2. Climate change
mitigation—Trinidad and Tobago. 3. Sea level— Trinidad and Tobago. I.

Jeppesen, Gorm. II. Jensen, Roar III. Tomicic, Berislav IV. Miralles Wilhelm,
Fernando V. Muñoz Castillo, Raúl. VI. Banco Interamericano de Desarrollo.
División de Agua y Saneamiento. VII. Serie.

IDB-TN-812

JEL code: Q01; Q25; Q53; Q54; Q56; Q57; F63; F64

Palabras clave: Desarrollo sostenible, agua, cambio climático, adaptación,
desarrollo económico, BID, Banco Interamericano de Desarrollo, medio
ambiente, Perú, América Latina y el Caribe

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2015 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa .



Estudio de Caso en Adaptación al Cambio Climático:

Ascenso del Nivel del Mar en Trinidad y Tobago



Abreviaciones y Acrónimos

AAGR	Average Annual Growth Rate (Tasa media de crecimiento anual)
AOGCM	Atmosphere-Ocean General Circulation Model (Modelo General de Circulación Atmósfera-Océano)
CARICOM	Caribbean Community (Comunidad del Caribe)
DEM	Digital Elevation Model (Modelo de Elevación Digital)
DTM	Digital Terrain Model (Modelo Digital del Terreno)
GCM	Global Circulation Model (Modelo de Circulación Global)
GHG	Green House Gas (Gas del Efecto Invernadero)
GIS	Geographical Information System (Sistema de Información Geográfica)
HDC	Housing Development Corporation (Corporación de Desarrollo de Vivienda)
ICZM	Integrated Coastal Zone Management (Manejo Integrado de Zonas Costeras)
IDB	Inter-American Development Bank (Banco Interamericano de Desarrollo)
IMS	Information Management System (Sistema de Manejo de la Información)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático)
IWRM	Integrated Water Resources Management (Manejo Integrado de los Recursos Hídricos)
LAC	Latin America and the Caribbean (Latino América y El Caribe)
NAO	North Atlantic Oscillation (Oscilación del Atlántico Norte)
POS	Port of Spain (Puerto España)
SIDS	Small Island Development States (Pequeños Estados Insulares en Desarrollo)
SIDS	Small Island Development States
SRES	Special Report on Emission Scenarios issues (Informe especial sobre asuntos en escenarios de emisiones)
T&T	Trinidad and Tobago (Trinidad y Tobago)
UK	United Kingdom (Reino Unido)
UNDP	United Nations Development Program (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo)
UNEP	United Nations Environment Program (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente)

UNFCCC United Nations Framework Convention on Climate Change (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático)

USAID US Agency for International Development (Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional)

WASA Water and Sewerage Authority (Autoridad de Acueductos y Alcantarillados)

GDP Gross Domestic Product (Producto Interno Bruto)

NA North Atlantic (Atlántico Norte)



Contenido

1	Introducción	17
1.1	Antecedentes	17
1.2	El Caso de Estudio	18
1.2.1	Ubicación y Territorio	18
1.2.2	Topografía.....	19
1.2.3	Clima	21
1.2.3.1	Cambio Climático	26
1.2.4	Demografía	26
1.2.5	Economía	28
1.2.6	Sector Agua.....	29
1.2.7	Tectónica	30
1.3	Enfoque del Caso de Estudio	31
2	Resumen, Conclusiones y Recomendaciones	35
2.1	Evaluación de la Vulnerabilidad	35
2.2	Proyecciones sobre el Ascenso del Nivel de Mar en Trinidad	36
2.3	Impactos del Ascenso del Nivel del Mar en el Drenaje de Puerto España	37
2.4	Impactos del Ascenso del Nivel del Mar en la Salinización de los Acuíferos Costeros.....	37
2.5	Impacto del Ascenso del Nivel del Mar en las Llanuras Costeras	38
2.6	Impacto del Ascenso del Nivel del Mar en el Litoral	38
2.7	Medidas de Adaptación y Esquema del Plan de Adaptación	38
2.7.1	Medidas Generales	39
2.7.2	Drenaje de Puerto España.....	39
2.7.3	Salinización de los Acuíferos Costeros	40
2.7.4	Inundación.....	40
2.7.5	Erosión	41
3	Sensibilidad y Vulnerabilidad al Cambio Climático y al Aumento del Nivel del Mar	43
3.1	Generalidades	44
3.2	¿Es el Drenaje Urbano en Puerto España vulnerable al Ascenso del Nivel del Mar? ...	46
3.3	¿Son los Acuíferos Costeros vulnerables al Ascenso del Nivel del Mar?.....	46
3.4	¿Son las Llanuras Costeras vulnerables al Ascenso del Nivel del Mar?	50
3.5	¿Son las Líneas de la Costa en Trinidad y Tobago vulnerables al Ascenso del Nivel del Mar?.....	52

4	Proyección del Ascenso del Nivel del Mar.....	53
4.1	Proyecciones Globales del Ascenso del Nivel del Mar	53
4.2	Desviaciones al Modelo Global en el Caribe.....	55
4.3	Niveles del Mar en Trinidad y Tobago.....	57
4.4	Proyecciones del Ascenso del Nivel del Mar para Trinidad y Tobago.....	57
4.5	Marejadas Ciclónicas.....	58
5	Impactos del Ascenso del Nivel del Mar en el Sector Hídrico en Trinidad y Tobago	61
5.1	Desarrollo General y Aspectos del Cambio Climático	61
5.2	Impactos sobre el Drenaje Pluvial y las Inundaciones en Puerto España	63
5.2.1	Generalidades sobre el Drenaje Pluvial y las Inundaciones en Puerto España	63
5.2.2	Soluciones a los problemas de drenaje pluvial en Puerto España	66
5.2.3	Contribución del ascenso del nivel del mar al problema de inundación	67
5.3	Salinización de los Acuíferos	68
5.4	Impactos de la Inundación	71
5.5	Impactos sobre el Litoral – Erosión.....	77
6	El Proceso de Adaptación	79
6.1	Medidas de Adaptación	80
6.1.1	Medidas Generales	81
6.1.2	Medidas de Adaptación para Mejorar el Drenaje de Puerto España	82
6.1.3	Medidas para Prevenir la Salinización de los Acuíferos Costeros.....	84
6.1.4	Medidas de Adaptación a las Inundaciones de las Zonas Costeras Bajas	85
6.1.5	Erosión Del Litoral.....	86
6.2	Matrices de Análisis de Opciones.....	86
7	Esbozo del Plan de Adaptación	105
7.1	Apoyo a las Decisiones	106
7.2	Medidas de Planificación	108
7.3	Inundación en Puerto España	109
7.4	Intrusión Salina.....	110
7.5	Inundaciones de las Tierras Bajas	112
7.6	Erosión del Litoral.....	114
8	Referencias	115



Figuras

- Figura 1.1: Archipiélago caribeño con Trinidad y Tobago situada como la isla más al sur cerca de la costa venezolana (Imagen de Google Earth 1.1 de fecha 1970).....19
- Figura 1.2: Mapa físico de Trinidad y Tobago (descargado de <http://www.ezilon.com/maps/north-america/trinidad-y-tobago-física-maps.html> - Deben revisarse los derechos de autor antes de su difusión o antes de reemplazar un mapa por otro mapa físico).....20
- Figura 1.3 Topografía de Trinidad de la base de datos SRTM de la NASA con áreas inferiores a los 5 msnm marcada en azul. 21
- Figura 1.4: Trayectoria e intensidad de los ciclones tropicales desde 1860 (Ref. 42) 22
- Figura 1.5: Trayectorias de todos los ciclones tropicales que se formaron en todo el mundo desde 1985 hasta 2005 (Ref. 43). Los puntos muestran las localizaciones de las tormentas a intervalos de seis horas y utilizan el esquema de color que se muestra en la Escala de Huracanes Saffir-Simpson, a la que se hace referencia en la Figura 1-4 y Figura 1-5 anterior, donde la calificación de 1 a 5 está basada en un huracán de velocidad de viento sostenido. Esta escala estima daños potenciales a la propiedad. Los huracanes que alcanzan una categoría 3 y más, se consideran huracanes mayores debido a su potencial para la pérdida significativa de vidas y daños. Las categorías 1 y 2 sin embargo, también representan un peligro, y requieren medidas preventivas (Tabla 1-1)..... 23
- Figura 1.6 Cambios proyectados de precipitación en Puerto Príncipe en el 2050 y 2100 (promedio de las predicciones de 21 modelos diferentes de circulación global (Escenario de Emisión SRA1B)).....26
- Figura 1.7: Distribución Demográfica en Trinidad y Tobago 2010 (Ref. 6)28
- Figura 1.8: Zona de falla a lo largo de Trinidad (Ref. 5) 31
- Figura 1.9: Enfoque gradual utilizado en el caso de estudio34
- Figura 3.1: Interfase simplificada de agua dulce-agua salada en el nivel freático costero de un acuífero. Ilustra el Principio de Ghyben-Herzberg (Ref. 28).....47
- Figura 3.2 Reducción de carga hidráulica (niveles reducidos de agua (m)) en Puerto España - Campos de pozos de Queen s Park Savannah y Jardín Botánico. Fuente: WASA (2012) 48
- Figura 3.3: Ubicación de áreas proclives a inundaciones y de inundaciones en Trinidad (Ref. 32). Basadas en ocurrencias de inundaciones durante más de 20 años, entre 1986 y 2006. Ocurrencias de inundaciones 10 - 13, 4 - 9, 2 - 3 y 1 vez, fueron categorizadas en tipos de intervalos recurrentes 1 - 2, 3 - 5, 6 - 10 y 11 - 20 respectivamente. 51
- Figura 4.1: El cambio del nivel del mar local causado por cambios en la densidad del océano y la circulación en relación con el ascenso medio del nivel del mar, calculado como la diferencia entre 2080-2099 y 1980-1999, en un conjunto promedio de más de 16 AOGCMs forzado con un Escenario SRES A1B.....56
- Figura 5.1: Resumen de una metodología general aplicada comúnmente para el desarrollo de escenarios del nivel del mar para l evaluaciones del impacto y la planificación de la adaptación. MSL – Media del nivel del mar; ESL - nivel extremo del mar (Fuente: Ref. 31).62

Figura 5.2:	Ubicación de inundaciones en el área metropolitana de Puerto España. El tamaño de los puntos azules indica una medida de frecuencia de la inundación. Basadas en ocurrencias de inundación por más de 20 años, entre 1986 y el 2006. Las ocurrencias de inundación 10 - 13, 4 - 9, 2 - 3 y 1 vez, se categorizaron en 1 - 2, 3 - 5, 6 - 10 y 11 - 20 clases de intervalos recurrentes de inundación respectivamente. Tomado de la Figura 3-3 (Página 19).	64
Figura 5.3:	Inundación en el centro de Puerto España, con sobrecarga de los desagües pluviales durante un fuerte aguacero.....	65
Figura 5.4:	Un sumidero masivo en Beetham Highway (Puerto España) causado por erosión subterránea debido al drenaje pluvial disfuncional.	65
Figura 5.5:	Estanque de detención temporal en South Quay, como resultado del proyecto en curso “Proyecto de Mitigación de Inundaciones en Puerto España”.	66
Figura 5.6:	Ejemplo de análisis de niveles de agua extrema, niveles de inundación vs intervalo de recurrencia en años para la costa danesa del Mar de Wadden y para Sri Lanka. Se muestra la influencia de un aumento del nivel del mar de 0,50 m.	74
Figura 5.7:	Visualización de los diferentes escenarios SLR basada en 90 m DEM para Trinidad. Los SLR escenarios mas altos (3m, 4m, 5m y 10m) no son realistas. Sin embargo, se han incluido para ilustrar el impacto potencial combinado de SLR y las marejadas ciclónicas. Por favor, consulte el Anexo 1 para los mapas de mayor resolución.....	76
Figura 5.8:	Modelo simplificado de retroceso costero tierra adentro bajo un SLR (basado en la Regla Bruun). Fuente: (Ref. 23).....	78
Figura 6.1:	UKCIP Adaptation Wizard v. 2.0. UKCIP, Oxford (Ref 7).....	80

Tablas

Tabla 1.1:	Escala de Intensidad de Huracanes Saffir-Simpson (Ref. 43)	23
Tabla 1.2:	Ocurrencia de tormentas tropicales y huracanes para Trinidad 1851 - 2010 (Extraídas de la Ref. 53).....	24
Tabla 1.3:	Ocurrencia de tormentas tropicales y huracanes para Tobago 1851 - 2010 (Extraídas de la Ref. 53).....	25
Tabla 1.4:	Datos Demográficos para Trinidad y Tobago.	27
Tabla 3.1:	Principales impactos físicos del aumento relativo del nivel del mar, que requieren escenarios de aumentos del nivel mar para su análisis (Ref.31)	45
Tabla 3.2:	Parámetros de la Calidad de Agua de los Campos de Pozos de Puerto España (1979-2009).	49
Tabla 3.3:	Impactos del aumento del nivel del mar (SLR, siglas en inglés) de 1 y 2 m en Trinidad y Tobago (Tomado de la Ref.36).....	50
Tabla 4.1:	La Tabla SPM.3 - Ref. 35. Base de la Ciencia Física (GTI) (WGI siglas en inglés). Proyección de calentamiento superficial global promedio y ascenso del nivel del mar a finales del siglo 21. El ascenso del nivel del mar proyectado de los diferentes escenarios es dado como un rango de 5% a 95% en metros.....	54

Tabla 4.2:	Resumen de las Proyecciones del ascenso del Nivel del Mar para el Siglo 21. (Fuente: Ref. 36)	55
Tabla 4.3:	Resumen de los componentes del cambio relativo del nivel del mar en Trinidad. Cambios relativos para el 2100 comparados con los de 1990.	58
Tabla 5.1:	Áreas de Trinidad situadas debajo de ciertas curvas de línea (Tabla Hipsométrica). La Tabla pues proporciona una indicación del % de tierra que sería inundada en varias subidas del nivel del mar.	72
Tabla 6.1:	Matriz de Evaluación – No Hacer Nada	88
Tabla 6.2:	Matriz de Evaluación – Medidas de Apoyo a las Decisiones	89
Tabla 6.3:	Matriz de Evaluación – Medidas de Planificación.....	93
Tabla 6.4:	Matriz de Evaluación – Medidas de intrusión de la salinidad	97
Tabla 6.5:	Matriz de Evaluación – Medidas de Inundación	99
Tabla 6.6:	Matriz de Evaluación – Medidas para la Erosión del Litoral.....	102

Apéndices

Apéndice A: Proyecciones del Cambio Climático para Puerto España, Trinidad & Tobago.....	119
Apéndice B: Perfiles hidrológicos del Acuífero de Grava de la Península Noroccidental (Puerto España /Cocorite)	124
Apéndice C: Planificación del Manejo del Litoral	127



1 Introducción

1.1 Antecedentes

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ha contratado los servicios de DHI para realizar este estudio bajo el proyecto denominado “Productos de Conocimiento y Fortalecimiento de Capacidad”.

El objetivo general del proyecto es el desarrollo de una cartera inicial de casos de estudio de adaptación, que permitan al BID responder a los requerimientos y necesidades de sus países miembros en establecer políticas específicas de adaptación al cambio climático con relación a los impactos en los recursos hídricos.

Los casos de estudio se basan en actividades en desarrollo del BID en la región de América Latina y que tienen por finalidad proporcionar información local y análisis que ayuden a los administradores de recursos hídricos locales en hacerle frente a los desafíos del cambio climático, así como también preparar directrices sobre la forma de incorporar la adaptación al cambio climático en la implementación de proyectos financiados por el Banco y para identificar explícitamente el impacto de las medidas de adaptación.

El Banco ha identificado cuatro casos de estudio para hacer frente a los diferentes tipos de impactos del cambio climático.

El caso de estudio en este informe se refiere al ascenso del nivel del mar en Trinidad y Tobago con los siguientes objetivos generales:

Definir, en términos de las variables cuantitativas medibles, la vulnerabilidad del sector de agua y saneamiento en Trinidad y Tobago con respecto al ascenso del nivel del mar.

Contribuir a fortalecer la capacidad del sector de agua y saneamiento para responder de manera adaptable al ascenso del nivel del mar debido al cambio climático en términos de la planificación del desarrollo y la reducción de la vulnerabilidad en Trinidad y Tobago.

Contribuir al establecimiento de directrices para las “mejores prácticas” en la adaptación al cambio climático con respecto a los posibles efectos del aumento del nivel del mar en el sector de agua y saneamiento en América Latina y el Caribe (ALC) a través de este caso de estudio en Trinidad y Tobago.

Contribuir con los esfuerzos del Banco en todos los ámbitos, para clasificar, observar y evaluar sus inversiones en la reducción de la vulnerabilidad del cambio climático en la región.

Los otros tres casos son:

- Montevideo, Uruguay (aumento de los eventos hidrológicos extremos)
- Quito, Ecuador (derretimiento de los glaciares)
- Trujillo, Perú (sequías /desertificación)

Estos casos han sido documentados en informes separados.

1.2 El Caso de Estudio

Este caso de estudio presenta posibles impactos del ascenso del nivel del mar en Trinidad y Tobago, con especial énfasis en temas y áreas de interés en la Isla de Trinidad. Los métodos aplicados y las medidas de adaptación que se presentan, sin embargo, pueden ser aplicables para condiciones similares en Tobago.

1.1.1 Ubicación y Territorio

Trinidad y Tobago son las islas más meridionales del archipiélago caribeño, situada cerca de la parte continental de América del Sur a unos 15 km al este de la costa de Venezuela en su punto más cercano (Figura 1-1). La superficie comprende 5.126 km², con Trinidad cubriendo 4.826 km² y Tobago 300 km². El litoral de las dos islas asciende a 362 km.

Las dos islas están situadas en la plataforma continental de América del Sur, aproximadamente, entre 10 ° N y 11.5 ° de latitud norte y entre los 60 ° W y 62 ° W de longitud. La zona económica exclusiva de Trinidad y Tobago se estima en aproximadamente 104 000km².

Figura 1.1

Archipiélago caribeño con Trinidad y Tobago situada como la isla más al sur cerca de la costa venezolana (Imagen de Google Earth 1.1 de fecha 1970)



1.2.2 Topografía

Trinidad tiene tres áreas montañosas. La Cordillera del Norte, la cual corre de este a oeste a lo largo del límite norte de la isla, con elevaciones de hasta 900 metros, que es la extensión oriental del Sistema Montañoso Andino. La Cordillera Central que se extiende desde el noreste hasta el suroeste formando un área con una secuencia de colinas con muchos picos de piedra caliza y una elevación máxima de 300 metros. La Cordillera Sur hacia el sureste, se compone de colinas bajas. Las tres cordilleras separan el área en dos llanuras fértiles, la Cuenca del Norte que se extiende entre las cordilleras del norte y central, y la Cuenca Austral en la parte baja (Figura 12).

Los modelos digitales del terreno con detalles, son herramientas muy fuertes para la evaluación de posibles impactos del aumento del nivel del mar.

Tales modelos son a menudo establecidos por medidas de LIDAR tomadas de aviones o de vehículos y en la actualidad se pueden producir con una resolución bastante alta. No hay disponibilidad de dichos modelos del terreno detallados para el presente estudio. En su lugar, se ha aplicado el modelo SRTM de NASA (NASA 2000) para proporcionar una visión general de las zonas bajas de Trinidad que pueden ser influenciadas por el aumento del nivel del mar (Figura 1-3).

El modelo SRTM está disponible gratuitamente en Internet y tiene una resolución de 90 m por 90 m horizontalmente y 1 m verticalmente. El hecho de que los niveles horizontales de baja resolución tengan teselas dentro de un promedio de más de 90 m teselas y que el modelo se ha establecido mediante mediciones de radar por satélite, significando esto que los edificios y en cierta medida la vegetación densa, pueden influir en los niveles del “terreno”. Esto se ha observado en Puerto España, donde los niveles de la zona del puerto recuperada parecen ser mayores de lo esperado así como en el pantano al sureste de la ciudad donde la vegetación parece influir en los datos.

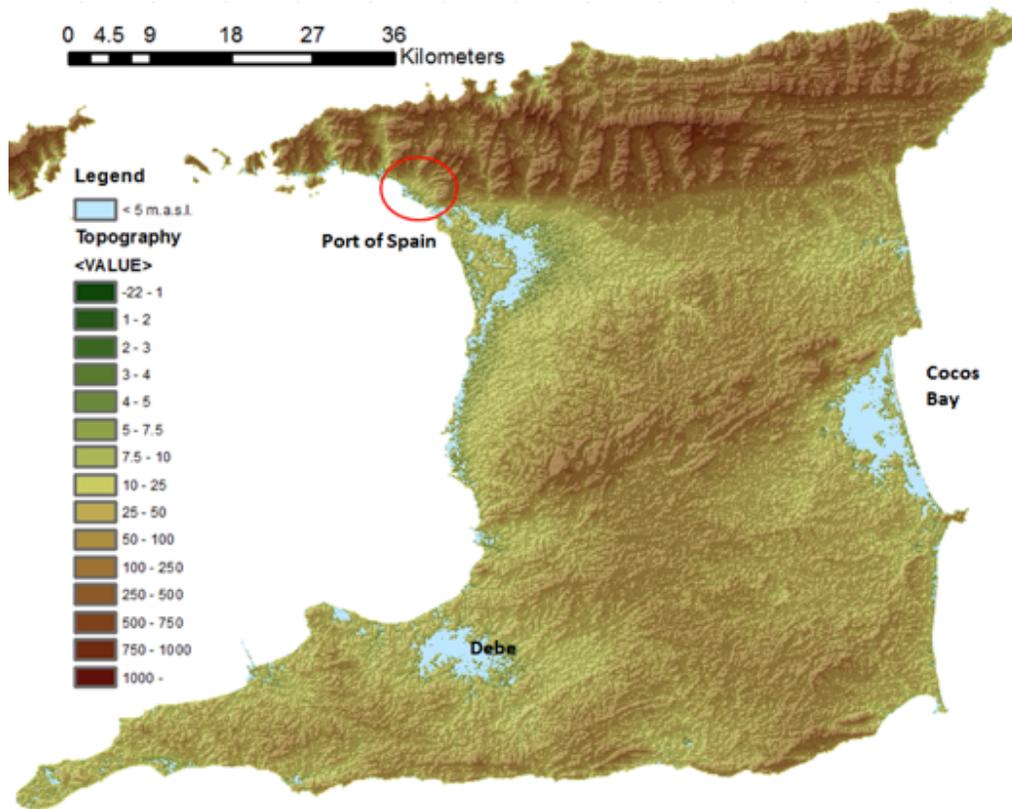
Figura 1.2

Mapa físico de Trinidad y Tobago (descargado de <http://www.ezilon.com/maps/north-america/trinidad-y-tobago-física-maps.html>) –en inglés–.



Figura 1.3

Topografía de Trinidad de la base de datos SRTM de la NASA con áreas inferiores a los 5 msnm marcada en azul—en inglés—.



Las áreas por debajo de 5 m.s.n.m. se concentran en el sureste de los humedales de Puerto España, en el área alrededor de Cocos Bay en el lado este de la isla y en Debe, en la parte sur. Por otra parte, un gran número de llanuras más aisladas se encuentran dispersas a lo largo del litoral. Entre las más importantes de éstas tenemos las zonas bajas de Puerto España. Las áreas por debajo de 5 m.s.n.m constituyen 164 km² o 3,2% de la superficie total de la isla.

1.2.3 Clima

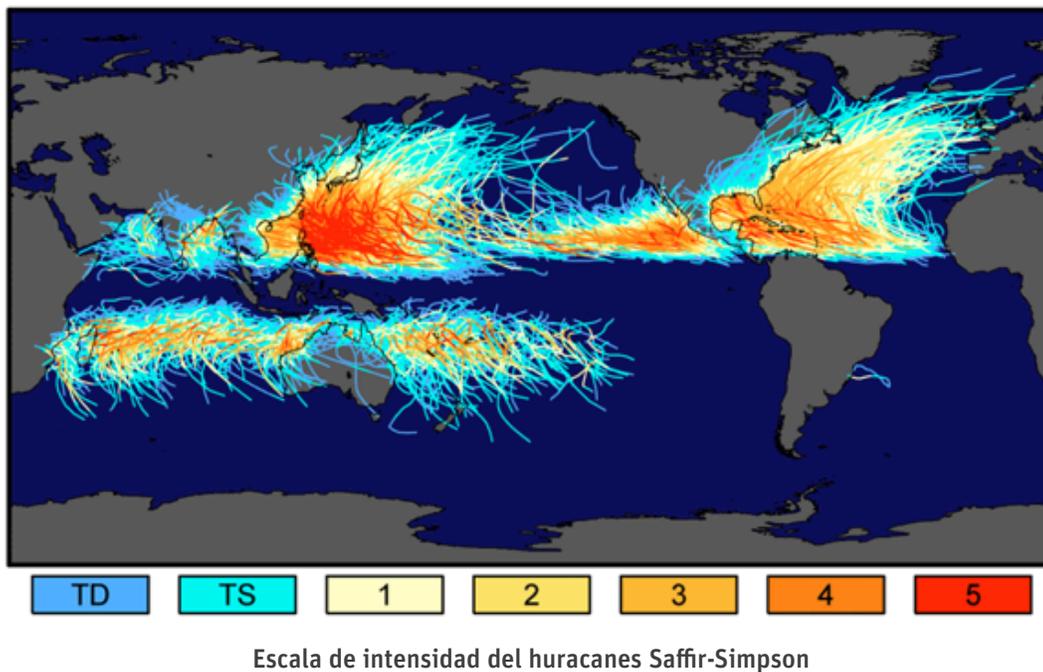
Trinidad y Tobago tienen un clima tropical con una estación seca de enero a mayo y una estación lluviosa de junio a diciembre con precipitaciones lluviosas mensuales de entre 200 y 250 mm. Tobago, hacia su parte norte, posee estaciones secas de más sequía mientras que el sur de Trinidad tiene estaciones lluviosas más húmedas. La precipitación media anual en Trinidad se distribuye de forma desigual alcanzando unos 3 000 mm por encima en la cordillera norte y por debajo de 1 500 mm en las llanuras.

La temperatura media es de alrededor de 26 °C bajando uno o dos grados en los meses más fríos de diciembre a febrero.

La variabilidad interanual en el clima está fuertemente influenciada por la Oscilación del Sur “El Niño” (ENSO), dando lugar a condiciones más secas y cálidas durante los episodios de “El Niño” y las condiciones más frías y húmedas durante los episodios de “La Niña”.

Las islas se encuentran en los márgenes del sur del Cinturón Ciclónico del Atlántico y, por lo general, escapan a los pasos de ciclones y huracanes (Figura 14 y Figura 15).

Figura 1.4 Trayectoria e intensidad de los ciclones tropicales desde 1860 (Ref. 42)



Trayectorias de todos los ciclones tropicales que se formaron en todo el mundo desde 1985 hasta 2005 (Ref. 43). Los puntos muestran las localizaciones de las tormentas a intervalos de seis horas y utilizan el esquema de color que se muestra en la Escala de Huracanes Saffir-Simpson, a la que se hace referencia en la Figura 1-4 y Figura 1-5 anterior, donde la calificación de 1 a 5 está basada en un huracán de velocidad de viento sostenido. Esta escala estima daños potenciales a la propiedad. Los huracanes que alcanzan una categoría 3 y más, se consideran huracanes mayores debido a su potencial para la pérdida significativa de vidas y daños. Las categorías 1 y 2 sin embargo, también representan un peligro, y requieren medidas preventivas (Tabla 1-1).

Figura 1.5

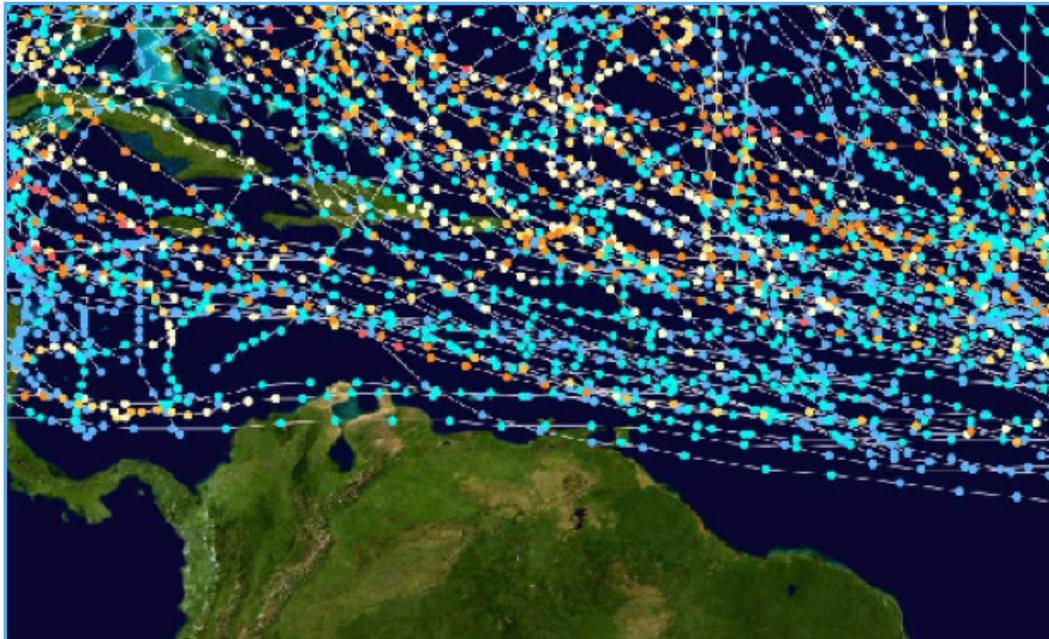


Tabla 1.1 Escala de Intensidad de Huracanes Saffir-Simpson (Ref. 43)

Tipo	Categoría	Presión (mb)	Vientos (mph)	Vientos (kmph)	oleada (metros)
Depresión tropical	TD	-	< 39	< 62	-
Tormenta tropical	TS	-	39-73	63-118	-
Huracán	1	> 980	74-95	119-153	1.2-1.5
Huracán	2	965-980	96-110	154-177	1-6-2.4
Huracán	3	945-965	111-130	178-209	2.5-3.6
Huracán	4	920-945	131-155	210-250	3.7-5.4
Huracán	5	< 920	> 155	> 250	> 5.4

La Red de Huracanes del Caribe, también conocida como “stormCARIB,” desde 1996 opera un sitio web proporcionando información detallada y herramientas sobre los huracanes que amenazan las islas del Caribe, incluyendo las Antillas Mayores y Menores. Los registros históricos de las tormentas tropicales y los huracanes de esta página web se dan para Trinidad en Tabla 1- 2 y para Tobago en la Tabla 1-3.

Tabla 1.2 Ocurrencia de tormentas tropicales y huracanes para Trinidad 1851 - 2010
(Extraídas de la Ref. 53).

Fecha	Velocidad máxima del viento (mph)	Categoría (Saffir-Simpson)	Punto más cercano de aproximación (millas)	Nombre
02 Sep 1878	92	Huracán 1	29	Sin nombre
07 Oct 1892	81	Hurricane 1	33	Sin nombre
27 Nov 1896	46	Tormenta Tropical	26	Sin nombre
27 Jun 1933	81	Huracán 1	48	Sin nombre
20 Jul 1961	52	Tormenta Tropical	69	Anna
01 Oct 1963	127	Huracán 3	51	Flora
14 Ago 1974	46	Tormenta Tropical	27	Alma
25 Jul 1990	52	Tormenta Tropical	69	Arthur
14 Ago 1990	40	Tormenta Tropical	29	Fran
07 Ago 1993	58	Tormenta Tropical	9	Bret
01 Oct 2000	40	Tormenta Tropical	53	Joyce

Sistemas tropicales que pasan dentro de 60 mn (= 69mi.) de la isla. La latitud usada / coordenadas de longitud (10.62N, 61.35W) son de Puerto España. El viento / categoría reportados son las medidas máximas mientras el sistema se movía a través de la región. Los vientos están en millas por hora. También, se indica que tan cerca del centro de la tormenta se encontraba la isla, o lo que se denomina, el punto más cercano de aproximación (CPOA, en millas).

Tabla 1.3

Ocurrencia de tormentas tropicales y huracanes para Tobago 1851 - 2010
(Extraídas de la Ref. 53).

Fecha	Velocidad del viento (mph)	Categoría (Saffir-Simpson)	Punto más cercano de aproximación (millas)	Nombre
13 Ago 1856	81	Huracán 1	65	Sin nombre
22 Sep 1877	81	Huracán 1	45	Sin nombre
2 Sep 1878	92	Huracán 1	20	Sin nombre
6 Oct 1892	75	Huracán 1	3	Sin nombre
27 Nov 1896	46	Tormenta Tropical	25	Sin nombre
8 Sep 1921	92	Huracán 1	41	Sin nombre
17 Ago 1933	40	Tormenta Tropical	47	Sin nombre
10 Ago 1938	46	Tormenta Tropical	36	Sin nombre
20 Jul 1961	40	Tormenta Tropical	29	Anna
30 Sep 1963	121	Huracán 3	6	Flora
14 Ago 1974	46	Tormenta Tropical	64	Alma
11 Ago 1978	52	Tormenta Tropical	59	Cora
14 Oct 1988	52	Tormenta Tropical	58	Joan
25 Jul 1990	52	Tormenta Tropical	21	Arthur
7 Ago 1993	58	Tormenta Tropical	30	Bret
1 Oct 2000	40	Tormenta Tropical	9	Joyce
15 Ago 2004	52	Tormenta Tropical	45	Earl
7 Sep 2004	121	Huracán 3	42	Ivan
14 Jul 2005	86	Huracán 1	40	Emily
1 Sep 2007	46	Tormenta Tropical	65	Félix

Sistemas tropicales que pasan dentro de 60 mn (= 69mi.) de la isla. La latitud usada / coordenadas de longitud (10.62N, 61.35W) son de Sandy Bay. El viento / categoría reportados son las medidas máximas mientras el sistema se movía a través de la región. Los vientos están en millas por hora. También, se indica que tan cerca del centro de la tormenta se encontraba la isla, o lo que se denomina, el punto más cercano de aproximación (CPOA, en millas).

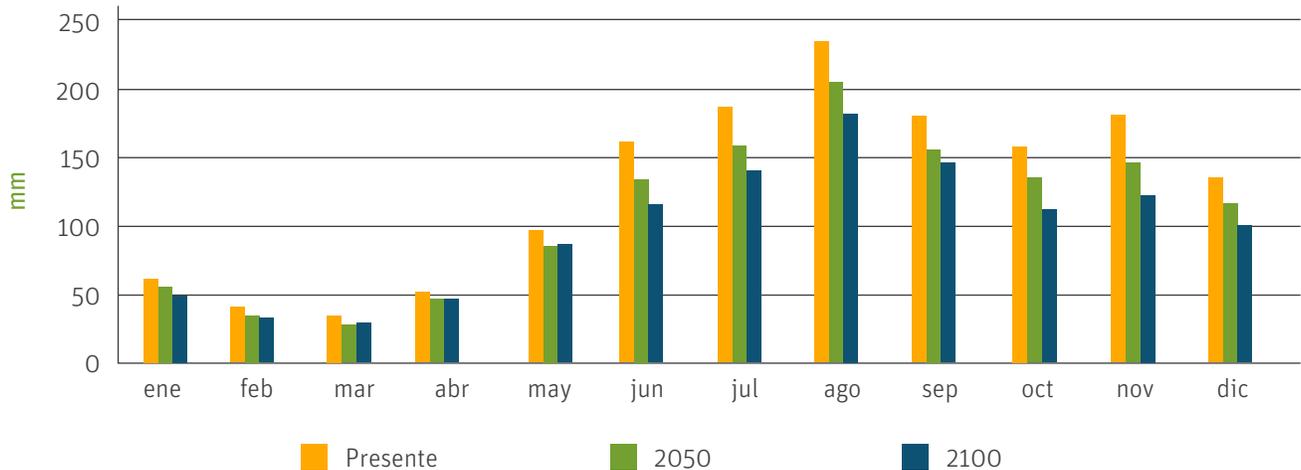
Las tormentas tropicales no son muy frecuentes en Trinidad y Tobago, y rara vez se convierten en huracanes. El nivel más alto de huracán registrado en una ocasión dentro de las 60 millas náuticas en Trinidad fue de 3 en 1963 (Flora) y en dos ocasiones en Tobago en 1963 (Flora) y en el 2004 (Iván).

1.2.3.1 Cambio Climático

No se encontraron proyecciones detalladas del cambio climático en Trinidad y Tobago para este estudio. Por lo tanto, se ha hecho una evaluación rápida para este proyecto de acuerdo a los cambios en las variaciones mensuales de precipitaciones y la evaporación en Puerto España en base a las proyecciones de distintos modelos de circulación climática global (Ver Anexo A) tal como se ilustra en la Figura 1 6. Se proyecta que la precipitación anual disminuirá en un 14% en el 2050 y un 21% para el año 2100. Del mismo modo, se espera que la evaporación potencial se incremente en un 5% y un 8% para el año 2050 y 2100, respectivamente.

Figura 1.6 Cambios proyectados de precipitación en Puerto Príncipe en el 2050 y 2100 (promedio de las predicciones de 21 modelos diferentes de circulación global (Escenario de Emisión SRA1B)).

Precipitación actual y proyección futura en Puerto España



1.2.4 Demografía

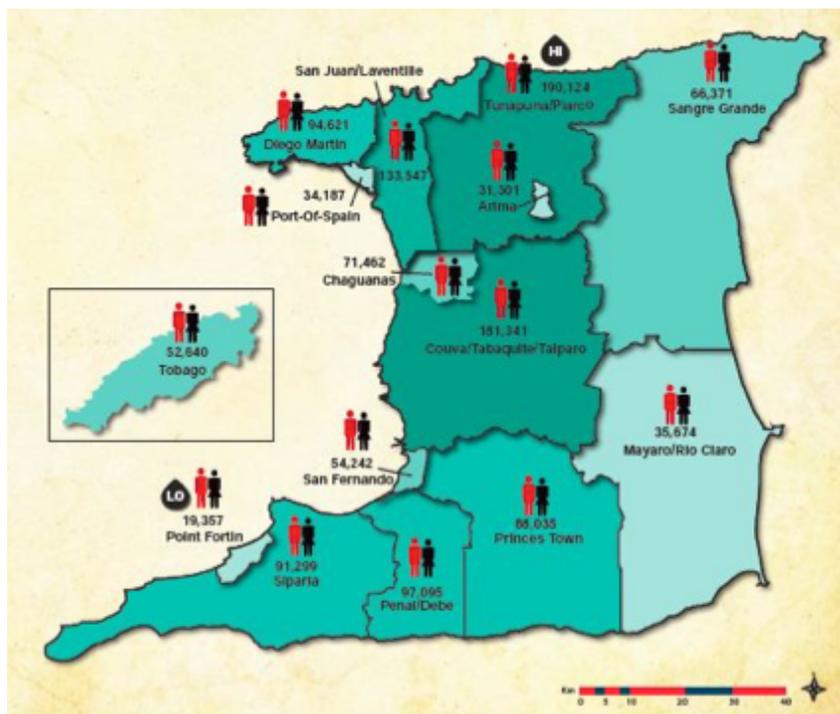
Trinidad y Tobago tenían una población de 1.241.296 en el 2010, según el último censo de población. La población ha disminuido ligeramente entre el 2000 y el 2010 a una tasa de crecimiento anual promedio de -0.17% (Tabla 1-4). El estimado en el 2012 del crecimiento de la población para el país fue -0,086% (Ref. 9). El crecimiento negativo de la población se debe a una emigración neta de Trinidad y Tobago estimada en -6,76 emigrantes/1000 habitantes (Ref. 9).

La población está distribuida de manera desigual, mostrando las concentraciones más altas en las zonas costeras bajas. La población urbana en el 2010 fue del 14% y la tasa de variación anual de la población urbana entre el 2010 y 2015 se estima en un 3% (Ref. 9).

Tabla 1.4 Datos Demográficos para Trinidad y Tobago.

Nombre	Estatus	Área km2	Población 2000	Población 2010	AAGR %	Densidad de Población 2010
Trinidad	Isla	4,852	1,208,282	1,188, 656	-0.16%	249
Puerto España	Ciudad	13	49,031	34,187	-3.61%	3,772
Mayaro/Río Claro	Región	853	32,143	35,674	1.04%	38
Sangre Grande	Región	899	65,680	66,371	0.10%	73
Princess Town	Región	621	91,947	88,035	-0.43%	148
Penal/Debe	Región	247	83,609	97,095	1.50%	338
Siparia	Región	510	81,917	91,299	1.08%	161
San Fernando	Ciudad	19	55,419	54,242	-0.21%	2,917
Arima	Municipio	11	32,278	31,301	-0.31%	2,934
Chaguanas	Municipio	60	67,433	71,462	0.58%	1,124
Point Fortin	Municipio	24	19,056	19,357	0.16%	794
Diego Martín	Región	128	105,720	94,621	-1.11%	826
San Juan/Laventille	Región	220	157,295	133,547	-1.64%	715
Tunapuna/Piarco	Región	527	203,975	190,124	-0.70%	387
Couva/Tabaqite/Talparo	Región	720	162,779	181,341	1.08%	226
Tobago	Isla	303	54,084	52,640	-0.27%	178
TOTAL	País	5,155	1,262,366	1,241,296	-0.17%	245

AAGR = Tasa Media de Crecimiento Anual. Población 2010 (Ref. 6). Población 2000 y áreas (<http://www.citypopulation.de/Trinidad.html>). Fuente original de datos en la población para el año 2010 y 2000 son los datos del Censo de la Oficina Central de Estadística.

Figura 1.7 Distribución Demográfica en Trinidad y Tobago 2010 (Ref. 6)

1.2.5 Economía

El crecimiento económico entre el 2000 y 2007 fue en promedio, un poco más de 8%, muy por encima del promedio regional de 3,7% para ese mismo período. El crecimiento del PIB se ha ralentizado desde entonces y contraído durante el 2009-2011. El Ministerio de Finanzas estimó el PIB en el 2011 en 20.596 millones de dólares (el PIB per cápita en 15.843 USD) colocando a Trinidad y Tobago como uno de los estados más prósperos del Caribe (Ref. 12).

Trinidad y Tobago es el productor más importante de petróleo y gas del Caribe, y su economía depende en gran medida de estos recursos, aunque también suministra bienes manufacturados, en particular productos alimenticios y bebidas, así como cemento para la región del Caribe. El petróleo y el gas representan alrededor del 40% del PIB y el 80% de las exportaciones, pero tan sólo el 5% del empleo. El país es un centro financiero regional, y el turismo es un sector en crecimiento, a pesar de que no es tan importante a nivel nacional como lo es para muchas otras islas del Caribe.

El sector energético de Trinidad y Tobago se enfrentará a varios retos importantes a mediano y a largo plazo. Las proyecciones de estimaciones recientes indican que las existencias de las reservas de petróleo y gas están agotándose¹. Por otra parte, la producción de crudo ha ido disminuyendo

¹ A las tasas de extracción actuales, las reservas probadas de gas natural están estimadas en 10 a 15 años y las reservas en cerca de 20 años (Referencia Ryder Scott Report 2010 Ref. 12)

considerablemente en los últimos años (un 32% desde el 2006), debido a que algunos de los campos de petróleo del país están madurando. La producción de gas se ha mantenido relativamente estable, pero la incertidumbre permanece con respecto al precio de este producto, debido a la evolución de las nuevas tecnologías de extracción (por ejemplo, las relacionadas con el gas lutita), y a los aumentos esperados del suministro asociados con determinadas inversiones en todo el mundo que entrarán en funcionamiento en el futuro. Estas tendencias en la industria del gas, combinadas con los costos cada vez más altos de exploración y extracción en Trinidad y Tobago, han llevado a una disminución en el nivel de inversión en el sector energético (Ref.12).

Teniendo en cuenta las perspectivas de su sector energético, y la dependencia del sector no energético de la economía en el apoyo del Gobierno, Trinidad y Tobago se enfrentan a un desafío de desarrollo importante en la transición de su economía hacia un modelo post-hidrocarburos, mientras continúan mejorando su nivel de vida.

1.2.6 Sector Agua²

La Autoridad de Acueductos y Alcantarillado (WASA por sus siglas en inglés), que fue creada en virtud de la Ley de WASA 1965, es el organismo oficial responsable de la ejecución de las políticas gubernamentales relacionadas con el agua y las aguas residuales y para la prestación de los servicios de agua y aguas residuales en T&T.

WASA tiene aproximadamente 340.000 clientes. Si bien se estima que el 92% de la población de T & T tiene acceso a un abastecimiento de agua por tubería, el sistema de suministro de agua opera bajo constantes desafíos, en su mayoría relacionados con un envejecimiento de las tuberías y la falta de un mantenimiento adecuado. Estos problemas han llevado a un deterioro gradual de la red, alto nivel de pérdidas de agua (hasta un 44%), y niveles bajos de servicio (únicamente el 20% de la población de Trinidad y un 58% de Tobago tiene acceso a un suministro continuo de agua). El sector del agua se ha visto también muy afectado por el bajo rendimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ya que éstas impactan la calidad de las fuentes de agua superficial y subterránea - que representan el 62% y el 27% del suministro total de agua, respectivamente.

Trinidad y Tobago introdujeron los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales centralizados en la década de 1960. Desde entonces, la infraestructura de recolección y tratamiento de aguas residuales ha aumentado a un estimado de 560 kilómetros de alcantarillas y 243 instalaciones de aguas residuales, tanto en Trinidad y Tobago. Sin embargo, esta infraestructura sólo cubre aproximadamente el 30% de la población de T & T (alrededor de 400.000 personas atendidas por los sistemas centralizados), con un 70% restante atendida por tanques sépticos y letrinas. Las principales áreas con alcantarillado incluyen Puerto España, San Fernando y Arima en Trinidad y Scarborough en Tobago.

² La discusión del Sector Hídrico se basa en la Ref. 11.

Las estadísticas actuales de WASA para aguas residuales pueden resumirse de la siguiente manera: (i) sólo el 20% de la población total está atendida por el sistema de alcantarillado centralizado de WASA; (ii) la operación de 40 plantas³ de tratamiento de aguas residuales y 32 estaciones de bombeo; y (iii) los flujos promedio de aguas residuales tratadas en 130Ml/d.

En general, el sector de aguas residuales enfrenta los siguientes desafíos: (i) la expansión limitada de las alcantarillas centrales; (ii) tarifas por debajo del coste de la prestación de servicios de alcantarillado; (iii) recursos financieros y humanos limitados; (iv) diseños muy pobres de infraestructura; y (v) la falta de mantenimiento de la infraestructura existente. Como consecuencia, el sistema de alcantarillado se encuentra actualmente en un estado de desesperación y con una urgente necesidad de rehabilitación.

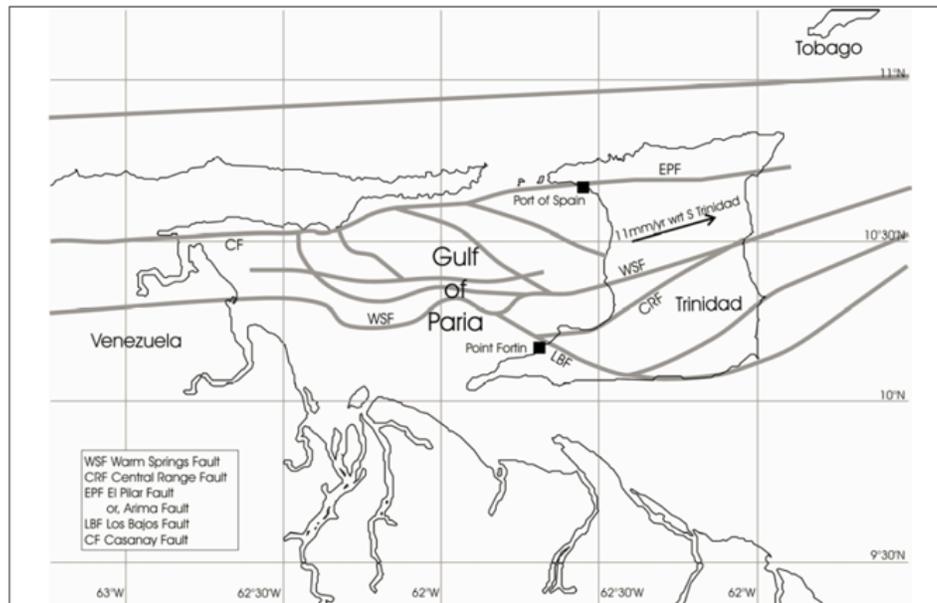
1.2.7 Tectónica

Trinidad y Tobago se encuentran dentro de una zona de límites de placa cerca del margen sur-oriental de la Placa del Caribe. La placa del Caribe limita en su margen oriental por una porción de la placa de América del Norte (NA siglas en inglés). A unos 200 kilómetros al este de la cadena de islas volcánicas en el Caribe oriental, la Placa NA está siendo sub-canalizada por debajo de la Placa del Caribe. A lo largo de las demarcaciones norte y sur la Placa del Caribe se desliza más allá de las Placas NA y América del Sur, en dirección este a una velocidad de aproximadamente 2 cm / año. En lugar de avanzar continuamente, las placas tienden a ser bloqueadas a lo largo de los segmentos de fallas planares, acumulando deformaciones y luego rupturas en zonas.

La zona de la falla del deslizamiento en el choque lateral este-oeste entre el Caribe y las placas tectónicas de América del Sur, ha creado el Golfo de Paria, que ahora separa Trinidad de Venezuela. La zona de la falla se extiende a través de Trinidad en su totalidad, con tres fallas principales que se extienden de este a oeste. Se ha determinado, que en los últimos tiempos, es la falla que cruza el centro de la isla la que ha estado activa, moviéndose a una velocidad de 11 mm por año. Esta falla corre de norte a sur en el Golfo de Paria antes de girar al oeste de nuevo a lo largo de la costa norte de Venezuela. Existe la hipótesis de que el movimiento este - oeste por la línea norte-sur ha causado que Trinidad se separe de Venezuela y creó el Golfo de Paria como una cuenca transtensional (Figura 18, Ref. 5).

Es evidente que la tasa de aumento del nivel del mar en el suroeste de Trinidad es aproximadamente cuatro veces mayor que en la zona del noroeste. Es probable que la diferencia se deba a la subsidencia del suroeste de Trinidad en la cuenca transtensional del Golfo de Paria.

³ Las restantes plantas de tratamiento de aguas residuales son propiedad de la Corporación de Desarrollo de Viviendas (HDC, por sus siglas en inglés)

Figura 1.8 Zona de falla a lo largo de Trinidad (Ref. 5)–en inglés–.

1.3 Enfoque del Caso de Estudio

En la misión de reconocimiento a Trinidad y Tobago llevado a cabo en enero / febrero del 2012 no se proporcionó un marco detallado para el caso de estudio ni tampoco se logró una vinculación específica a un proyecto existente. Por el contrario, se identificaron cuatro áreas de preocupación relacionadas con el ascenso del nivel del mar inducido por el cambio climático vinculadas al drenaje urbano (Puerto España), la salinización de los acuíferos costeros (suministro de agua), la inundación de zonas costeras bajas (costa oeste) y el impacto sobre las dinámicas del litoral (Costa Sur). El abordar estas cuatro áreas a fondo es proyecto mayor que se extiende más allá de los recursos disponibles para el caso de estudio de Trinidad y Tobago.

El enfoque para abordar las cuatro áreas de preocupación sobre el ascenso del nivel del mar ha sido:

1. El impacto del ascenso del nivel del mar en los sistemas de drenaje y alcantarillado en Puerto España. Este fue el punto de entrada inicial del BID como base para el caso de estudio. Durante la visita de reconocimiento a Puerto España y las discusiones con los interesados locales, éstos expresaron que el impacto potencial del ascenso del nivel del mar no se consideraba significativo para el drenaje, en comparación con otros factores tales como los cambios de los patrones de

lluvia, una mayor urbanización y otros cambios de usos del suelo en las cuencas del interior. Este es probablemente el caso en la actualidad, con graves problemas de drenaje, incluyendo frecuentes incidentes de inundaciones en algunas partes de la ciudad, asociados con tormentas de alta intensidad pero relativamente cortas, aunados a la deficiente infraestructura de drenaje y su falta de mantenimiento.

Pero bajo la urgente presión de las condiciones existentes en la actualidad, pareciera como si el impacto potencial del ascenso del nivel del mar como una amenaza adicional en el futuro, ha recibido escasa consideración. Las partes valiosas de la zona comercial de la ciudad se construyen en la zona costera, en una tierra baja ganada al mar. Es en la periferia de esta zona, donde se producen los problemas actuales de inundaciones debido a la insuficiente capacidad de los drenajes naturales y artificiales de aguas pluviales. Es inevitable que, debido al aumento previsto del nivel medio del mar y el aumento de las marejadas ciclónicas en el futuro, las condiciones de drenaje en esta área se van a deteriorar. Por lo tanto, se debe incluir el ascenso del nivel del mar en los estudios de rehabilitación y extensión del sistema de drenaje.

No es posible evaluar la magnitud de esta amenaza potencial sin estudiar las condiciones hidráulicas en las secciones aguas abajo de los drenajes de aguas pluviales, cerca de la costa. Dichos estudios pueden ser realizados con éxito mediante el uso de modelos hidrodinámicos adecuados en las partes afectadas de la red de drenaje pluvial. El caso de estudio de Montevideo ha utilizado un enfoque de modelaje que incluye condiciones de contorno definidas por escenarios de aumento del nivel del mar. Por lo tanto, el caso de estudio Montevideo ejemplifica un enfoque, que puede aplicarse también en el contexto de Puerto España, no sólo enfocándose en el ascenso del nivel del mar, sino también demostrando el tipo de modelaje integrado requerido, que incluya la hidrología de las cuencas de captación contribuyentes, la hidráulica en el sistema de drenaje y el aumento previsto del nivel del mar.

Debido a la falta de datos esenciales, el caso de estudio de Trinidad y Tobago se ha abstenido de abordar el impacto del ascenso del nivel del mar en el drenaje urbano de Puerto España mediante un estudio de modelaje. En cambio, en este informe se describe el posible enfoque, tomando el caso de Montevideo como un enfoque de línea base, adaptado adecuadamente para el caso de Puerto España.

2. Hay impactos potenciales del ascenso del nivel del mar en la salinización de los acuíferos costeros, que son importantes fuentes de suministro de agua dulce en la actualidad. La protección de los recursos de agua dulce es una preocupación expresada por WASA. Mientras que el aumento del nivel del mar puede tener un impacto en la interacción entre el agua de mar y los acuíferos costeros, las extracciones que están ocurriendo así como los patrones de uso del suelo en cuencas aguas arriba también son importantes por su impacto potencial en la recarga del acuífero.

Con el fin de considerar la importancia del ascenso del nivel del mar, se le ha requerido a WASA dar detalles de los problemas de intrusión de salinidad en acuíferos costeros, preferiblemente confinados a un acuífero local específico⁴.

3. El aumento del nivel del mar representa una amenaza para el desarrollo en las llanuras costeras, con especial atención en la costa oeste, donde las industrias petroquímicas y químicas son especialmente preocupantes y donde las inundaciones por el mar son ya un desafío para la gestión. La preocupación por las inversiones en la industria del petróleo y gas a lo largo de la costa oeste ha provocado estudios de vulnerabilidad que revelan la gravedad de impactos del cambio climático, al tiempo que demuestra un acercamiento a las evaluaciones de vulnerabilidad a los aumentos del nivel del mar. El estudio, entre otros, hace hincapié en la importancia de incorporar la vulnerabilidad al cambio climático a las evaluaciones principales en una planificación a largo plazo, y con la necesidad de enfoques integrados para la planificación de las zonas costeras.
4. Se esperan impactos del ascenso del nivel del mar en las costas y los procesos costeros (erosión/acreción), con foco en la costa sur y oeste de Trinidad, que ya están experimentando desafíos en el manejo del litoral. En la actualidad, el Instituto de Asuntos Marítimos está compilando información sobre los niveles del mar y los perfiles costeros que permitirá esbozar un enfoque conceptual para abordar el impacto del ascenso del nivel del mar en los procesos del litoral, desde el punto de vista del manejo y la planificación⁵.

Un enfoque estructurado para responder a las preocupaciones sobre el litoral sería participar en un estudio más amplio de gestión de áreas litorales aplicando análisis de células de sedimentos y unidades de gestión para informar a la planificación espacial. Las evaluaciones de vulnerabilidad del litoral mirarían los perfiles costeros en combinación con escenarios de aumento del nivel del mar. A pesar de que un estudio de gestión del litoral estaría fuera de los recursos y el alcance del caso de estudio, se recomienda realizar un estudio de este tipo para toda la costa y así apoyar las decisiones de planificación.

En conclusión, el estudio del caso de Trinidad y Tobago no abordará el tema de preocupación 1 anterior. En cambio, el caso de Montevideo debe difundirse como un ejemplo de un posible enfoque para Puerto España.

Para las inquietudes 2, 3 y 4, el caso de Trinidad y Tobago proporcionará discusiones más narrativas y conceptuales bajo una perspectiva más amplia de manejo de desarrollo.

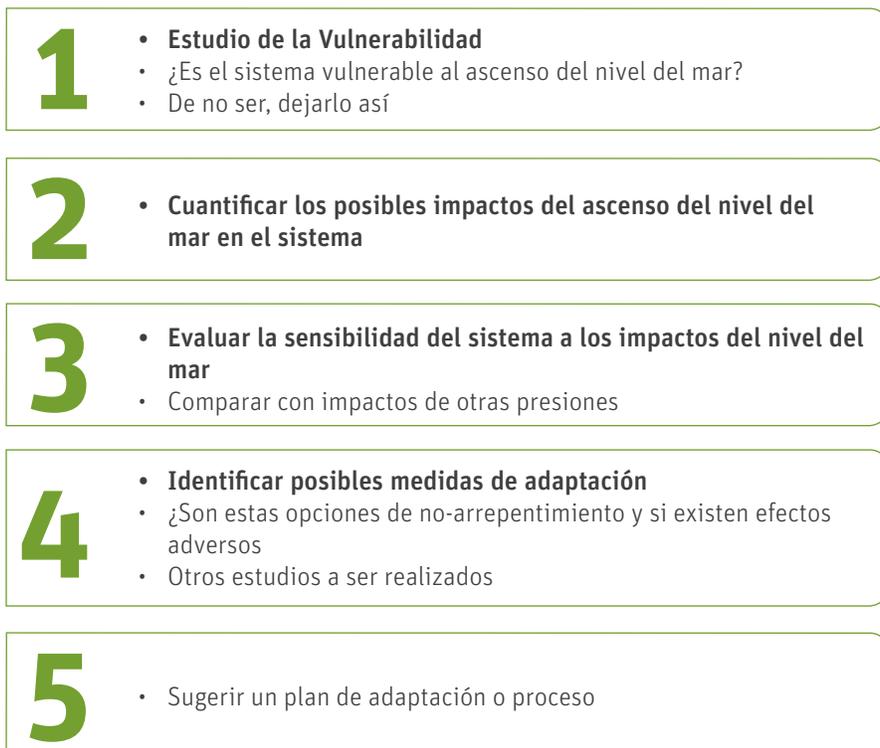
El enfoque utilizado en todos los casos de estudio se inspira en un enfoque paso a paso para incorporar la adaptación al cambio climático y resiliencia en los proyectos de desarrollo, como implementado por USAID. El enfoque ha sido modificado para adaptarse a este proyecto, tanto en términos de alcance como de enfoque. Cuando el enfoque original se ocupa de proyectos de infraestructura en particular, el enfoque de los casos de estudio realizados durante el presente proyecto ha sido más

4 Este material llegó a DHI demasiado tarde al período de preparación para poder ser considerado en cualquier grado de detalle.

5 Esta información permanece aún pendiente y por lo tanto no está disponible para el caso de estudio.

diverso y se centra en la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua o de drenaje para las ciudades del caso de estudio, y en este caso de estudio para Trinidad y Tobago, incluso en el desarrollo espacial más general a lo largo de la costa. El enfoque se ilustra en la Figura 1-9.

Figura 1.9 Enfoque gradual utilizado en el caso de estudio



Este caso de estudio de Trinidad y Tobago se ha desarrollado dentro de un proceso participativo que incluye dos diálogos con las partes interesadas. El primero tuvo lugar en enero del 2012 durante una visita de reconocimiento, donde las partes interesadas discutieron ampliamente el ámbito de aplicación para el caso de la adaptación al ascenso del nivel del mar en el país y acordaron abordar las cuatro áreas de interés cubiertas en el caso de estudio. El primer informe preliminar se distribuyó a las partes interesadas en Trinidad y Tobago en septiembre del 2012, el cual acepta responder a los comentarios en un segundo informe preliminar que fue presentado en un diálogo final entre las partes interesadas, celebrado en Puerto España, en marzo del 2013.

2 Resumen, Conclusiones y Recomendaciones

2.1 Evaluación de la Vulnerabilidad

Trinidad y Tobago, siendo un pequeño estado insular, con áreas de tierras limitadas, población alta y presión económica en las zonas costeras, es particularmente vulnerable a los impactos de cambios climáticos. Esta vulnerabilidad es tal vez menos pronunciada en comparación con otros Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (SIDS, por sus siglas en inglés) ya que el país por su condición económica tiene una mejor capacidad de adaptación. Esta capacidad, sin embargo, con el tiempo puede verse amenazada debido a la alta dependencia del país del sector de la energía, donde los recursos petroleros de extracción probablemente disminuyan con el tiempo.

Este caso de estudio se centra en el ascenso del nivel del mar, en particular, y en el cual se abordan cuatro áreas de especial preocupación para las partes interesadas principales. Como se planteó en el capítulo 1 el caso de estudio confirma la vulnerabilidad de Trinidad a:



1. El impacto del ascenso del nivel del mar en los sistemas de alcantarillado y drenaje de Puerto España.
2. Los impactos del ascenso del nivel del mar en la salinización de los acuíferos costeros.
3. Los impactos que plantea el aumento del nivel del mar en las llanuras costeras, especialmente en la costa oeste de la isla, donde hay una alta densidad de población y desarrollo económico considerable.
4. El impacto del aumento del nivel del mar a lo largo de la costa en forma de erosión, en particular donde las orillas tienen perfiles planos y consisten en material no consolidado (áreas de playa).

El ascenso del nivel del mar tendrá una influencia agravante en las cuatro áreas y por lo tanto debe ser considerado cuidadosamente en las medidas adoptadas para hacer frente a estos desafíos.

2.2 Proyecciones sobre el Ascenso del Nivel de Mar en Trinidad

El cambio relativo en el nivel del mar en un lugar determinado es el resultado de varios factores que contribuyen al mismo, y que se pueden expresar como: $\Delta RSL = \Delta SL_G + \Delta SL_{RM} + \Delta SL_{RG} + \Delta SL_{VML}$, donde ΔRSL es el cambio relativo del nivel del mar, ΔSL_G es la contribución del aumento global del nivel del mar, ΔSL_{RM} es la contribución de las diferencias en los factores de meteo-oceanográficos, ΔSL_{RG} es la contribución debida a las diferencias del campo de gravedad regional, y ΔSL_{VML} es la contribución de los movimientos de tierra verticales (Ref. 31).

Las proyecciones en el aumento relativo del nivel del mar tienen grandes incertidumbres y mientras se tratan estas incertidumbres, se recomienda aplicar un rango de aumentos del nivel del mar en función de los impactos potenciales. En el caso actual, se ha aplicado un estimado central de 1,25 m y un estimado alto de 2,15 m de aumento relativo del nivel del mar para el año 2100. Estos niveles no incluyen una desviación meteo-oceanográfica debido a que ésta en la actualidad se considera insignificante en la región de Trinidad.

Como Trinidad se encuentra en el margen meridional de la zona de huracanes del Atlántico, son frecuentes las ocurrencias de tormentas tropicales y los ciclones son raros en comparación con otras partes del Caribe y las ocurrencias tienden a ser menos severas. Desde 1851 el nivel más alto registrado de huracanes, en un radio de 60 millas náuticas desde el aeropuerto de Tobago o desde Puerto España fue de tres. El nivel tres de huracanes fue registrado en dos ocasiones en Tobago (Flora en 1963, a 6 millas náuticas de distancia, e Iván en el 2004, a 42 millas náuticas de distancia) y en una ocasión en Trinidad (Flora en 1963, a 52 millas náuticas de distancia). El resto de los huracanes registrados han sido de nivel 1. Los detalles sobre sucesos de tormentas y huracanes tropicales se describen en la Sección 1.2.3 Clima (Tabla 1-2 y Tabla 1-3).

Basados en la historia de los ciclones en Trinidad, parece poco probable que marejadas ciclónicas excedan de 3 m, lo que corresponde a un ciclón de categoría 3. Sin embargo, una evaluación más confiable de probabilidades de marejadas ciclónicas en Trinidad requeriría efectuar un estudio de los ciclones, donde las condiciones locales puedan tomarse en cuenta debidamente.

2.3 Impactos del Ascenso del Nivel del Mar en el Drenaje de Puerto España

- Se ha encontrado que los actuales problemas de drenaje en Puerto España, son el resultado de muchos factores no relacionados con el cambio climático,
- Mayor y más rápida escorrentía debida a los desarrollos urbanísticos intensivos y la eliminación de vegetación en las pendientes de montañas aguas arriba;
- Un estructura de drenaje inadecuada;
- Deposición de sedimentos y acumulación de residuos sólidos en los segmentos más bajos de drenaje;
- Las ocurrencias de tormentas fuertes y mareas altas, las cuales ya agravan la situación de las inundaciones debido a que las partes más bajas de la ciudad se encuentran a tan sólo unos metros por encima del nivel medio del mar actual. Un aumento general de este nivel agravaría aún más la situación y tal aumento debe tenerse en cuenta como parte de una expansión / rediseño de la red de drenaje.

2.4 Impactos del Ascenso del Nivel del Mar en la Salinización de los Acuíferos Costeros

El estudio se ha centrado en dos acuíferos cerca y debajo de Puerto España, llamados “Port of Spain Gravels” y “Northern Gravels”. Un estudio detallado y completo de modelaje hidrogeológico de estos acuíferos, tal como se requiere para una cuantificación del potencial futuro de intrusión salina, está fuera del alcance del presente estudio.

Los análisis de la información hidrogeológica recibida sobre los acuíferos y la calidad del agua y la información histórica de bombeo han revelado que:

- La intrusión salina en estos acuíferos ha sido experimentada anteriormente, aunque ahora se encuentra bajo control.

- Por lo general, cantidades menores de precipitación combinadas con un potencial aumento de la evaporación en Puerto España, según lo proyectado por un gran número de modelos de circulación global, conducirá a tasas de recarga reducidas, lo que disminuiría aún más las tasas de bombeo sostenibles desde los acuíferos.
- El aumento de los niveles de agua del mar van a significar una amenaza muy seria y van a requerir de medidas adicionales (reducción del bombeo o implementación de formas más avanzadas de bombeo para reforzar los gradientes en dirección al mar o barreras potenciales) con el fin de evitar una mayor intrusión salina.

2.5 Impacto del Ascenso del Nivel del Mar en las Llanuras Costeras

Las llanuras costeras están expuestas a las inundaciones del mar en condiciones meteorológicas extremas tales como el aumento de marejadas durante tormentas tropicales y ciclones. El nivel del mar está exacerbando estos impactos con potenciales inundaciones llegando a regiones del interior. Esto plantea amenazas a las áreas vulnerables, incluyendo centros poblados, infraestructura, actividades económicas, y recursos naturales.

2.6 Impacto del Ascenso del Nivel del Mar en el Litoral

Se observa erosión en muchas playas a lo largo de la costa de Trinidad y según consta en el perfil de playa en lugares selectos desde 1991. Los análisis de estos perfiles han mostrado evidencia de la erosión costera en varios lugares, a razón de 1 a 2 metros por año en promedio. El retroceso de la línea de la costa en estos lugares bien puede ser una indicación del ascenso del nivel del mar, aunque también puede ser el resultado de una erosión crónica causada por los patrones locales de corriente y oleaje.

El aumento de los niveles del mar dejará al descubierto una porción más grande de las costas a la acción del oleaje y la corriente. En líneas costeras erosionables ésto conducirá a un aumento de la erosión, por lo que algunas de las costas son vulnerables al aumento previsto del nivel del mar.

2.7 Medidas de Adaptación y Esquema del Plan de Adaptación

Para cada una de los cuatro áreas de enfoque se emite una serie de posibles medidas de adaptación que han sido identificadas y clasificadas en una matriz de puntuación teniendo en cuenta sus características de: ganar/ganar (win/win) y arrepentimiento/no-arrepentimiento (regret/no-regret), flexi-

bilidad, elasticidad, urgencia, la aceptación política e implementación de costos (Capítulo 0). No se ha intentado clasificar las opciones entre las cuatro áreas de enfoque, es decir, señalar que una de las áreas puede ser más importante que las otras.

Basados en la clasificación, se han delineado planes de adaptación para cada uno de los cuatro puntos de discusión, para la consideración y discusión entre las partes interesadas (Capítulo 7).

Las medidas de adaptación identificadas se resumen a continuación.

2.7.1 Medidas Generales

La base de información necesaria para apoyar las decisiones relativas a la gestión de las áreas costeras complejas y dinámicas es débil, y existe la necesidad de establecer un sistema compartido y estructurado de información de gestión y que se mantenga a través de un monitoreo continuo.

Hay la necesidad de embarcarse en enfoques más integrados de gestión del desarrollo en las áreas costeras. El manejo integrado de las áreas costeras (ICZM, por sus siglas en inglés) y el manejo integrado de los recursos hídricos (IWRM, por sus siglas en inglés) que se han desarrollado en las últimas décadas, están siendo ahora cada vez más aceptadas por la comunidad internacional como herramientas efectivas para hacer frente a los desafíos del cambio climático y el desarrollo sostenible.

La interfaz dinámica entre la tierra y el mar que se mueve hacia la tierra debido al ascenso del nivel del mar, requiere de estudios especializados y planificación para el desarrollo de políticas y estrategias para los usos de la tierra a lo largo de la línea de la costa para servir de base a la planificación espacial.

Las vulnerabilidades al cambio climático y el ascenso del nivel del mar tienen que ser debidamente abordadas / mitigadas en la planificación espacial y la revisión en curso del plan nacional de desarrollo espacial en Trinidad, ofrece un punto de entrada para la integración del cambio climático en la planificación espacial. Se deben desarrollar instrucciones / directrices en las evaluaciones ambientales para considerar la mitigación del cambio climático, en particular, para el desarrollo y proyectos en zonas vulnerables.

Se deben desarrollar planes de contingencia en las áreas vulnerables donde existan asentamientos y actividades económicas, incluyendo medidas de alerta temprana y medidas de respuesta a eventos extremos como tormentas y marejadas asociadas.

2.7.2 Drenaje de Puerto España

La completa comprensión de los problemas de inundaciones en Puerto España, en el presente y en el futuro, requiere de un estudio amplio mediante la aplicación de instrumentos analíticos modernos (modelos digitales del terreno (MDT), imágenes satelitales y aéreas, SIG, modelos de simulación dinámica, etc.) y la incorporación de los impactos del cambio climático, incluyendo el aumento del nivel del mar.

Tal estudio integral, junto con la rehabilitación urgente de los problemas serios locales, debe ser la primera tarea de las grandes inversiones en el sector de drenaje pluvial, reiteradamente anunciadas por los líderes políticos de la ciudad. De realizarse correctamente, el estudio aseguraría soluciones correctas y económicamente eficientes.

Recomendaciones adicionales sobre dicho estudio son enumeradas en la Sección 6 de este informe.

2.7.3 Salinización de los Acuíferos Costeros

Se ha identificado una serie de posibles medidas de mitigación tales como: barreras de inyección de agua dulce, la creación de gradientes hacia afuera por el aumento de bombeo cerca de la costa, la modificación de las prácticas actuales de bombeo y la posible reubicación de los pozos, el aumento artificial de recarga, y la prevención de la intrusión salina en los estuarios.

Como requisitos previos a la evaluación de la viabilidad de tales medidas, debe establecerse un modelo hidrogeológico integrado y detallado para revelar aún más las características de los acuíferos y las posibles medidas que se analizan; debe establecerse un programa de mejora del monitoreo y debe implementarse un programa de pruebas para los escenarios de bombeo más prometedores.

En paralelo, deben investigarse otras opciones para el suministro de agua potable (por ejemplo, aumento del uso de las aguas superficiales y posible desalinización) y deben analizarse posibles ahorros mediante la gestión de la demanda de agua. Los análisis deben integrarse en un plan de manejo general del suministro de agua.

2.7.4 Inundación

Las llanuras costeras son vulnerables a las inundaciones del mar en particular durante las marejadas ciclónicas. Esta vulnerabilidad se ve agravada por el ascenso del nivel del mar. Las posibles caminos de adaptación incluyen la protección de las áreas en riesgo, lo que implica defender las áreas vulnerables, adaptarse a los impactos, lo que a su vez implica permanecer en las áreas vulnerables mientras se cambian los usos del suelo, los métodos de construcción y se mejora los preparativos y el retiro, que es un abandono planificado de las zonas y reubicación en áreas que no son vulnerables al aumento del nivel del mar.

La elección del camino o la combinación de caminos se basa en una cuidadosa consideración de las vulnerabilidades en los análisis espaciales donde las áreas de riesgo que se miden contra los diferentes tópicos considerados en la planificación física, incluida la demografía, infraestructura, socio-economía, economía, recursos naturales y más. Un requisito previo para este tipo de análisis, por una parte, es que se logre una evaluación de la vulnerabilidad creíble, y por la otra, que haya disponibilidad de buena información y accesible en un sistema de manejo de información compartido, tal como se indica en las medidas de apoyo a las decisiones antes mencionadas.

Por lo tanto, una medida de adaptación importante es asegurar una mejor capacidad para determinar las áreas de riesgo. Las medidas a este fin, incluyen el establecimiento de un modelo detallado de elevación digital (DEM, por sus siglas en inglés) para las áreas costeras, la cuantificación de la contribución al aumento relativo del nivel del mar debido a los movimientos verticales del suelo, un estudio de los ciclones para evaluar la frecuencia de las tormentas tropicales y los ciclones y marejadas asociados en Trinidad y las evaluaciones de la vulnerabilidad a inundaciones como temas que pueden interactuar en análisis espaciales que apoyen la planificación del desarrollo espacial.

Una herramienta importante en el manejo del desarrollo es la planificación física. Por lo tanto, una medida de adaptación importante es incorporar el cambio climático en la Fase Nacional de Planificación del Desarrollo Territorial. La Estrategia Nacional de Desarrollo Espacial que se está formulando en la actualidad, necesita incorporar las vulnerabilidades al cambio climático en general y al ascenso del nivel del mar, para garantizar que la orientación estratégica incorpore debidamente la resiliencia al cambio climático en los planes de las infraestructuras mayores y la ubicación de las principales instalaciones, y en la estrategia de desarrollo urbanístico nacional.

Por último, se recomienda participar en los procesos de reforma a largo plazo dirigidos al desarrollo sostenible y resiliente al clima, a través del Manejo Integrado de la Costa y de los Recursos Hídricos.

2.7.5 Erosión

La erosión experimentada a lo largo de las costas de Trinidad puede ser causada por causas naturales y/o antropogénicas, incluyendo condiciones relativas a los vientos, las olas, las mareas, las tormentas y las marejadas, el ascenso del nivel del mar y la subsidencia del terreno y puede tener graves consecuencias en los ambientes naturales y la infraestructura existente.

La contribución a la erosión costera del aumento del nivel del mar puede evaluarse utilizando la Regla de Bruun, que establece una relación entre el retroceso de la línea de la costa, el aumento relativo del nivel del mar y la pendiente del perfil de playa. En Trinidad las tasas de erosión de 1 a 2 m por año, han sido atribuidas al ascenso del nivel del mar en varios lugares.

Para determinar las respuestas de manejo adecuadas a la erosión, se requiere de un análisis de la erosión actual y potencial en la línea de la costa, comparada con las actividades de desarrollo planificadas y las ya existentes en la costa. Se recomienda llevar a cabo un proceso de planificación sistemática del manejo de la línea de la costa en Trinidad para producir políticas y estrategias apropiadas para la adaptación a la erosión costera.

3 Sensibilidad y Vulnerabilidad al Cambio Climático y al Aumento del Nivel del Mar

La sensibilidad, es el grado en que un sistema se ve afectado, negativa o positivamente, por los estímulos relacionados con el clima.

La capacidad de adaptación, es la capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático, incluyendo la variabilidad y los extremos climáticos, para moderar los daños potenciales, aprovechar las oportunidades, o para hacer frente a las consecuencias. En el presente, la capacidad de adaptación depende de factores socioeconómicos, la tecnología y la infraestructura.

La vulnerabilidad, es el grado en el cual un sistema es susceptible a, o incapaz de, afrontar los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad y los extremos climáticos. La vulnerabilidad es una función del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático y de la variación a la que un sistema está expuesto, su sensibilidad y su capacidad de adaptación.

Tal como es el caso para la mayoría de los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (SIDS por sus siglas en inglés) Trinidad y Tobago son particularmente vulnerables al cambio climático debido a:



- Una concentración de la población, las actividades socio-económicas, y la infraestructura a lo largo de la zona costera.
- Una alta densidad de población. La densidad promedio de población en Trinidad y Tobago llegó a 245 personas por km² en el 2010 con densidades más altas en las zonas costeras urbanizadas. (Tabla 1.4, página 27).
- Un tamaño físico limitado, eliminando efectivamente algunas opciones de adaptación al cambio climático y al ascenso del nivel del mar.
- Susceptibilidad a los ciclones tropicales frecuentes y más intensos, y al aumento asociado de tormentas, sequías, tsunamis y erupciones volcánicas. Trinidad y Tobago se encuentra en las proximidades del extremo sur de la zona de huracanes del Atlántico, y está como tal, en cierta medida sujeta a tormentas tropicales y huracanes⁶. Trinidad y Tobago también se encuentra en la Placa Tectónica del Caribe, que ha producido varios terremotos en magnitudes superiores a 7.0 desde 1900. Trinidad y Tobago también está sujeta a inundaciones (Ref. 11).
- La dependencia de los recursos hídricos para el abastecimiento de agua dulce que son sensibles a los cambios del nivel del mar. Aproximadamente el 70% del suministro de agua de Trinidad y Tobago se deriva de las fuentes de agua superficial, mientras que el 30% restante se proporciona a partir de fuentes de agua subterránea (Ref. 22).

En comparación con la mayoría de los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo, Trinidad y Tobago tiene una mayor capacidad de adaptación debido a una economía más fuerte, una infraestructura más desarrollada y acceso a los servicios profesionales. La alta dependencia de la economía en el sector de la energía podría, sin embargo, erosionar esta fuerza de adaptación.

El presente caso de estudio tiene su enfoque en el ascenso del nivel del mar y por lo tanto no se ocupará de otros factores de cambios climáticos en ningún grado de detalle. Tales factores, se considerarán en más detalle en los otros tres casos de estudio.

3.1 Generalidades

El calentamiento global conlleva al aumento del nivel del mar debido a la expansión térmica de los océanos y al derretimiento del hielo terrestre incluyendo las capas de hielos del Ártico/Antártida y los glaciares. La rápida reducción de la superficie de hielo que el océano Ártico experimenta durante el verano contribuye aún más a la expansión térmica debida al aumento de la absorción del calor.

⁶ Las tormentas tropicales no son muy frecuentes y rara vez se convierten en huracanes dentro de 60 millas náuticas de Trinidad y Tobago. El huracán de nivel más alto registrado desde 1851 fue de 3 en una ocasión en Trinidad (Flora, 1963) y en dos ocasiones en Tobago ((Flora, 1963, Iván 2004). En la Sección 1.2.3 Clima (Tabla 1-2 y Tabla 1-3) se dan más detalles de las ocurrencias de tormentas tropicales en Trinidad y Tobago.

El cambio medio global del nivel del mar es uno de los impactos más ciertos del calentamiento global inducido por el hombre, y uno que se espera que continúe durante siglos debido a las escalas de tiempo asociadas con los procesos climáticos y la retroalimentación, aun si las emisiones y concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) se pudieran estabilizar. Dada la gran y creciente concentración de la población y la actividad económica en la zona costera, así como la importancia de los ecosistemas costeros, los impactos potenciales del cambio del nivel del mar han provocado una preocupación generalizada por más de dos décadas (Ref. 31).

Los cambios en el nivel del mar varían según la región debido a las diferencias en las tasas de expansión térmica oceánica, los cambios en el viento y la presión atmosférica y los cambios en la circulación oceánica, así como los cambios en el campo gravitatorio de la Tierra debido al derretimiento de los hielos polares.

Los cambios en las características de las tormentas pueden influir en la frecuencia y magnitud de las marejadas ciclónicas.

Los procesos no climáticos, tales como ajustes isostáticos glaciales, la tectónica y subsidencia (por ejemplo, por la sobreexplotación de las aguas subterráneas) pueden agregar al cambio relativo del nivel del mar.

El ascenso del nivel del mar puede tener un impacto significativo sobre los recursos hídricos incluyendo un mayor riesgo de inundaciones provenientes del mar durante las marejadas ciclónicas, inundaciones fluviales, la pérdida de humedales, cambios en la línea de la costa, la intrusión de agua salada, tanto de aguas superficiales como subterráneas, y el drenaje impedido y el aumento del nivel freático. (Tabla 31).

Tabla 3.1

Principales impactos físicos del aumento relativo del nivel del mar, que requieren escenarios de aumentos del nivel mar para su análisis (Ref.31)

Impactos Físicos	
• Inundación, daños por inundación y tormentas	a. Marejadas (mar)
	b. Efecto remanso (ríos y desagües)
• Pérdida de humedales a largo plazo (y cambios)	
• Patrones alterados de erosión y acreción (cambios morfológicos directos e indirectos)	
• Intrusión de agua salada	a. Aguas superficiales
	b. Aguas subterráneas
• Niveles freáticos en ascenso/ drenaje impedido	

Los niveles del mar han aumentado en el último siglo y en las últimas décadas a un ritmo mayor. Un aumento del nivel del mar no es un evento catastrófico en sí mismo, sino un proceso gradual dando tiempo para la adaptación. Las vías de adaptación son a menudo bien conocidas, ya que son similares a las medidas de adaptación que se utilizan para hacer frente a los efectos de la variabilidad del clima, como las inundaciones debido a las marejadas ciclónicas y la erosión de la línea de la costa.

Las consecuencias de un aumento en el nivel del mar, sin embargo, en la frecuencia y severidad de eventos extremos, tales como inundaciones durante las marejadas ciclónicas, pueden ser catastróficas y por lo tanto requieren de preparaciones.

El nivel relativo del mar puede cambiar dentro una amplia gama de escalas de tiempo que va de segundos a siglos. Por ejemplo, una variabilidad significativa del nivel del mar puede ocurrir durante años o incluso en varias décadas debido a una serie de procesos y cambios de gran escala en la circulación atmosférica, tales como el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) o la Oscilación del Atlántico Norte (NAO), dependiendo de la ubicación (Ref. 31).

3.2 ¿Es el Drenaje Urbano en Puerto España vulnerable al Ascenso del Nivel del Mar?

Puerto España (POS siglas en inglés) está situada en la costa sur de la península noroccidental de Trinidad en las estribaciones de la Cordillera Septentrional. Los asentamientos en el este de Puerto España se producen en pendientes y crestas, pero la mayor parte de la ciudad se encuentra en un terreno que desciende suavemente hacia el mar. Procesos de tierras ganadas al mar ha tenido lugar en los últimos doscientos años, y el área frente al mar y el puerto de la ciudad se encuentran en terrenos ganados. Son estas llanuras, con instalaciones portuarias y otros contenidos urbanos valiosos, las que están sujetas a inundaciones.

Aunque las inundaciones se ven influenciadas por un gran número de factores, como se describe en la Sección 3.3 a continuación, un aumento proyectado del nivel del mar de hasta 1,25 m (estimación central) para finales del siglo 21 va a cambiar significativamente la condición hidráulica en los cursos bajos de ríos urbanos de Puerto España y en las partes bajas de la red de drenaje pluvial que por lo tanto es vulnerable a estos cambios.

3.3 ¿Son los Acuíferos Costeros vulnerables al Ascenso del Nivel del Mar?

En un acuífero no confinado que entra en contacto con el mar por la costa o mar adentro, el agua dulce, que es menos densa que el agua de mar, flota como una capa en forma de lente arriba del agua de mar (Figura 3-1), y el peso del exceso de agua dulce oprime el agua de mar por debajo del nivel del mar.

En condiciones naturales, sin o con poco bombeo de agua subterránea, los crecientes niveles del mar darán lugar a un aumento, tanto en los niveles freáticos de aguas subterráneas y en el nivel de la interfaz entre el agua dulce y el agua salada, que en los casos de formaciones de agua con espesores significativos debería plantear problemas graves.

Sin embargo, en Puerto España el terreno está muy cerca del nivel del mar y un aumento de los niveles de aguas subterráneas puede traer a éstas muy cerca de la superficie, donde pueden crear problemas para la infraestructura de la zona. Por otra parte, el agua subterránea está muy explotada y ya se ha experimentado la intrusión de la salinidad (Tabla 3-2). Parece, sin embargo, que la intrusión de salinidad se mantiene actualmente bajo control debido al ajuste de las tasas de bombeo y el control en la reducción de la carga hidráulica a niveles aceptables (Ver Figura 3-2, que muestra una reducción bastante constante en comparación con la Tabla 3-2, lo que indica que los niveles de salinidad están bajo control). El aumento de los niveles del mar puede incrementar los gradientes de presión desde el mar a las perforaciones, lo que puede agravar la intrusión de salinidad. Los acuíferos costeros, por lo tanto, son muy vulnerables a dicho aumento.).

Figura 3.1 Interfase simplificada de agua dulce-agua salada en el nivel freático costero de un acuífero. Ilustra el Principio de Ghyben-Herzberg (Ref. 28)–en inglés–.

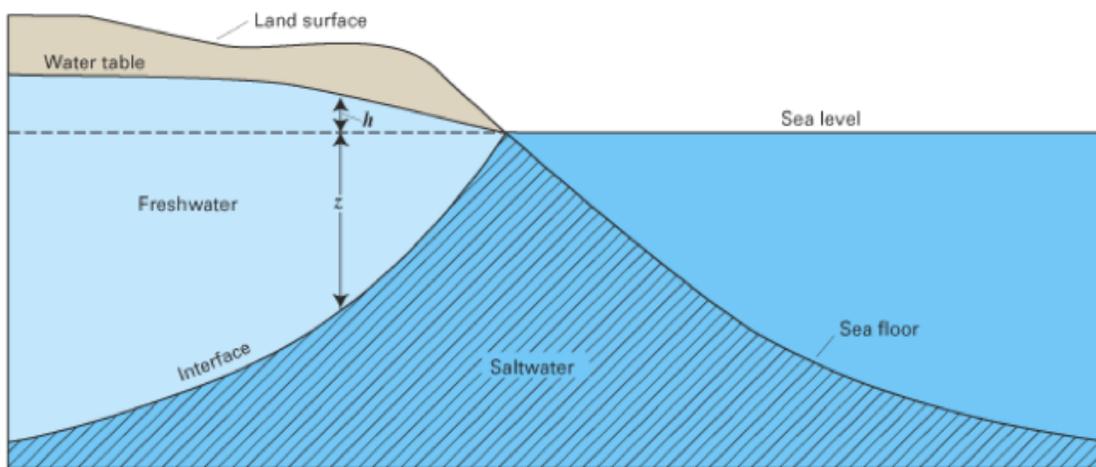


Figura 3.2 Reducción de carga hidráulica (niveles reducidos de agua (m)) en Puerto España - Campos de pozos de Queen's Park Savanna y Jardín Botánico. Fuente: WASA (2012)

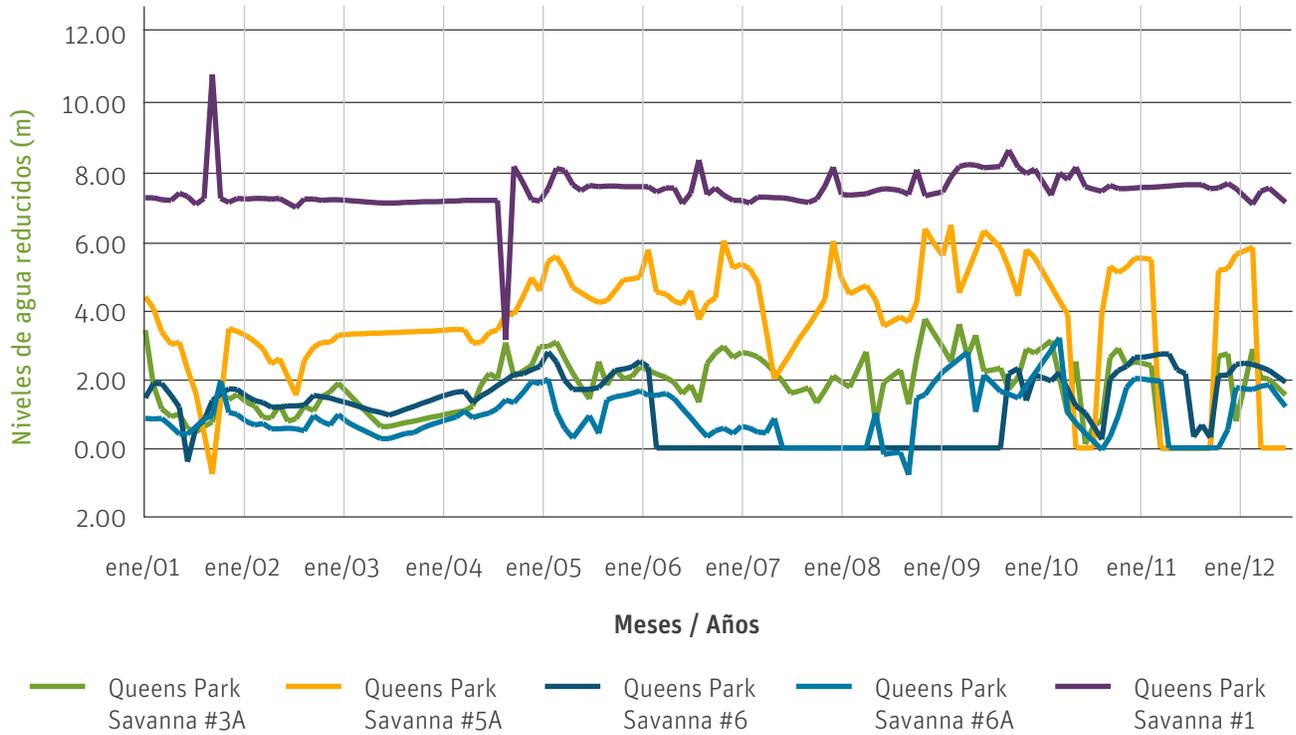


Tabla 3.2 Parámetros de la Calidad de Agua de los Campos de Pozos de Puerto España (1979-2009).
Fuente: WASA

Nombre del Pozo	Tipo de Pozo	Fecha	Cloruro (mg/l)	Total Sólidos Disueltos (mg/l)
N.F.M. Borehole (2168 Ps)	Observación		274	778
			80	370
			156	530
		09-Oct-79	286	830
		02-Ago-82	540	1099
		02-Oct-82	395	955
		02-Nov-82	330	745
		30-Nov-90		
T&TEC #10 (2326 Ps)	Producción	31-Dic-89	101	
		30-Jun-90	107	
Country Club (767 Ps)	Producción	17-Mar-89	30	233
		16-Mar-90	29	248
		25-Ene-91	22	150
Queens Park Hotel #1 (2297 Ps)	Producción	24-Feb-89	38	234
		16-Mar-90	45	293
		25-Ene-91	43	219
Electric Ice #2 (749 Ps)	Producción	29-Jul-85	157	616
		10-Abr-89	168	577
		09-May-90	138	589
Muelle (763 Ps)	Observación	26-Jun-85	2106	4209
Electric Ice #1 (750 Ps)	Producción	29-Jul-85	169	650
		10-Abr-89	153	585
		09-May-90	142	591
Muelle #1 (762 Ps)	Observación	08-Jul-09	220	

3.4 ¿Son las Llanuras Costeras vulnerables al Ascenso del Nivel del Mar?

Las llanuras costeras en Trinidad serán inundadas como consecuencia directa del aumento del nivel del mar si no se toman medidas de remediación. Por otra parte, las marejadas ciclónicas con el ascenso del nivel del mar, afectarían aún más las zonas costeras, en comparación con la situación actual, expandiendo la población y las inversiones de riesgo.

Estas situaciones han sido planteadas en Trinidad, y han presionado, entre otras, a hacer evaluaciones de vulnerabilidad más detalladas en la costa oeste, con enfoque en las instalaciones petroleras y de gas y la infraestructura asociada con la costa oeste de Trinidad. Estos estudios examinaron el impacto del ascenso del nivel del mar en el área Vessigny-Cap de Ville basados en dos modelos de circulación general en conjunto, atmósfera-océano (el canadiense CGCM2 y el británico HadCM3), y al mismo tiempo, analizaron las marejadas ciclónicas y la erosión. Los resultados del estudio mostraron que las infraestructuras, tales como vías de acceso, tuberías, tanques de almacenamiento, muelles, puertos y edificios administrativos estarían en riesgo severo de inundación y erosión derivadas del ascenso del nivel del mar y las marejadas ciclónicas. (Ref. 16 y 49).

Un estudio desarrollado que cubre los Estados miembros de CARICOM, ha intentado cuantificar los impactos de transformación del ascenso del nivel del mar en el Caribe, basado en análisis de SIG. La Tabla 3-3 proporciona la evaluación del estudio de los impactos en una serie de parámetros en Trinidad y Tobago, de un aumento del nivel del mar entre 1 y 2 m.

Tabla 3.3 Impactos del aumento del nivel del mar (SLR, siglas en inglés) de 1 y 2 m en Trinidad y Tobago (Tomado de la Ref.36).

	1 m SLR	2 m SLR
Área de terreno	1 %	2 %
Población	1 %	2 %
Áreas Urbanas	1 %	2 %
Áreas de Humedales	< 1 %	< 1 %
Tierra Agrícola	3 %	6 %
Cultivos y Plantaciones	*	*
Principales Resorts Turísticos	33 %	63 %
Aeropuertos	50 %	50 %
Red Vial	1 %	2 %
Áreas Protegidas	0 %	0 %
Nidos de Tortugas Marinas	15 %	24 %
Plantas de Energía	0 %	0 %
Puertos	100 %	100 %

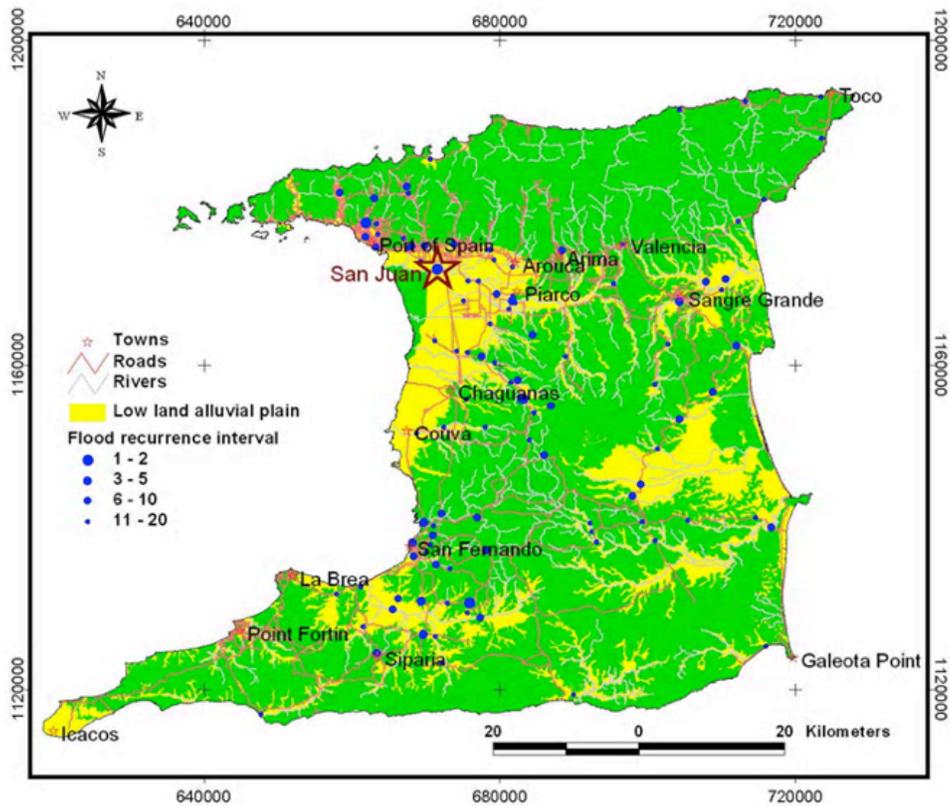
*Datos restringidos

También, las áreas bajas están sujetas a inundaciones más frecuentemente, por lo que el ascenso del nivel del mar representa un impacto agravante en la severidad de las inundaciones, debido a que el drenaje en las áreas afectadas se haría más difícil y más lento.

En conclusión, la respuesta a la pregunta planteada es que las áreas de llanuras costeras en Trinidad son realmente vulnerables al ascenso del nivel del mar. Debido a que hay una concentración general de personas e inversiones en estas áreas, se requiere de una planificación y manejo del desarrollo que incorpore el impacto del ascenso del nivel del mar.

Figura 3.3

Ubicación de áreas proclives a inundaciones y de inundaciones en Trinidad (Ref. 32). Basadas en ocurrencias de inundaciones durante más de 20 años, entre 1986 y 2006. Ocurrencias de inundaciones 10 - 13, 4 - 9, 2 - 3 y 1 vez, fueron categorizadas en tipos de intervalos recurrentes 1 - 2, 3 - 5, 6 - 10 y 11 - 20 respectivamente—en inglés—.



3.5 ¿Son las Líneas de la Costa en Trinidad y Tobago vulnerables al Ascenso del Nivel del Mar?

Se observa erosión en muchas playas a lo largo de la costa de Trinidad y según consta en los perfiles de playas de lugares seleccionados a partir de 1991 (Ref. 26). Los análisis de estos perfiles desde 1991-2001 mostraron evidencia de la erosión costera en varios lugares, a razón de 1 a 2 metros por año en promedio (Ref. 25). El retroceso de la línea de la costa en estos lugares bien puede ser una indicación de aumentos del nivel del mar durante este período, aunque también puede ser el resultado de la erosión crónica causada por los patrones locales de impacto de corrientes y del oleaje.

El aumento de los niveles del mar expondría una porción más grande de las costas a la acción del oleaje y las corrientes. En litorales erosionables, esto conduciría a un aumento de la erosión, por lo que algunas de las costas son vulnerables al ascenso previsto del nivel del mar.

4 Proyección del Ascenso del Nivel del Mar

Tal como se planteó en la Sección 3, el cambio relativo del nivel del mar en un lugar determinado es el resultado de varios factores contribuyentes, lo que se puede expresar como:

$$\Delta RSL = \Delta SL_G + \Delta SL_{RM} + \Delta SL_{RG} + \Delta SL_{VML}$$

Donde ΔRSL es el cambio relativo en los niveles del mar, ΔSL_G es la contribución del aumento global del nivel del mar, ΔSL_{RM} es la contribución de las diferencias en los factores meteo-oceanográficos, ΔSL_{RG} es la contribución debida a las diferencias en el campo de gravedad regional, y ΔSL_{VML} es la contribución de los movimientos terrestres verticales. (Ref. 31).

4.1 Proyecciones Globales del Ascenso del Nivel del Mar

El aumento global del nivel del mar (ΔSL_G) es el resultado de un incremento en el volumen global del agua debido a la expansión térmica del calentamiento de las aguas superficiales, el deshielo de los glaciares y las capas de hielo y los cambios en el balance de masa de las placas de Groenlandia y la Antártida (Ref. 3-1).

El Cuarto Informe de Evaluación del IPCC para las seis SRES (siglas en inglés) (Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones) en 2007 dió 2100 proyecciones para el calentamiento de la superficie dentro de un rango de 1.1 a 6.4 ° C y para el ascenso global del nivel del mar, en un rango de 0.18 hasta 0.59 m (Tabla 4-1). La mayor parte del ascenso proyectado del nivel del mar se debe a la expansión térmica, y el restante se deriva del derretimiento de los casquetes de hielo y los glaciares. En estas proyecciones, sin embargo, se adoptaron proyecciones lineales de deshielo y no se incluyen los procesos más rápidos relacionados con las descargas aceleradas de la capa de hielo observadas en Groenlandia y la Antártida.

Tabla 4.1

La Tabla SPM.3 - Ref. 35. Base de la Ciencia Física (GTI) (WGI siglas en inglés). Proyección de calentamiento superficial global promedio y ascenso del nivel del mar a finales del siglo 21. El ascenso del nivel del mar proyectado de los diferentes escenarios es dado como un rango de 5% a 95% en metros.

Caso	Cambios de Temperatura		Aumento del Nivel del Mar
	(°C en 2090-2099 relativa a 1980-1999)		(m en 2090-2099 relativa a 1980-1999)
	Mejor estimado	Rango probable	Rango basado en modelos con exclusión de cambios dinámicos rápidos futuros en el flujo de hielo
Concentraciones constantes del año 2000	0.6	0.3-0.9	NA
Escenario B1	1.8	1.1-2.9	0.18-0.38
Escenario A1T	2.4	1.4-3.8	0.20-0.45
Escenario B2	2.4	1.4-3.8	0.20-0.43
Escenario A1B	2.8	1.7-4.4	0.21-0.48
Escenario A2	3.4	2.0-5.4	0.23-0.51
Escenario A1F1	4.0	2.4-6.4	0.26-0.59

Los estudios más recientes después del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC indican mayores aumentos del nivel del mar para el 2100.

La Tabla 4-2 ofrece un resumen de las más recientes proyecciones de aumentos del nivel global del mar a lo largo del Siglo 21 y compara estos estudios con las proyecciones del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC y la continuación de las tendencias actuales.

Tabla 4.2

Resumen de las Proyecciones del ascenso del Nivel del Mar para el Siglo 21.
(Fuente: Ref. 36)

	2050*	2100		
		Rango Bajo	Estimado Central	Rango Alto
Continuación de la tendencia actual (3.4 mm/año)	13.6 cm	-	30.6 cm	-
IPCC AR4 (2007)	8.9 cm a 23.8 cm	18 cm	-	59 cm
Rahmstorf (2007)	17 cm a 32 cm	50 cm	90 cm	140 cm
Horton et al. (2008)	~ 30 cm		100 cm	
Vermeer y Rahmstorf (2009)	~ 40 cm	75 cm	124 cm	180 cm
Grindstead et al. (2009)	-	40 cm	125 cm	215 cm
Jevrejeva et al. (2010)		60 cm	120 cm	175 cm

Todos los estudios más recientes proyectan un rango alto de aumento del nivel del mar global de más de 140 cm para el año 2100, y los estimados centrales de más de 90 cm. Aunque el estimado central es el escenario más probable en la actualidad, la aplicación del principio de precaución por falta de certeza científica, exigiría que no se desestimen las proyecciones de rango alto (Ref. 36).

Con respecto a la evolución temporal del ascenso del nivel del mar global, se ha sugerido utilizar una función cuadrática⁷.

4.2 Desviaciones al Modelo Global en el Caribe

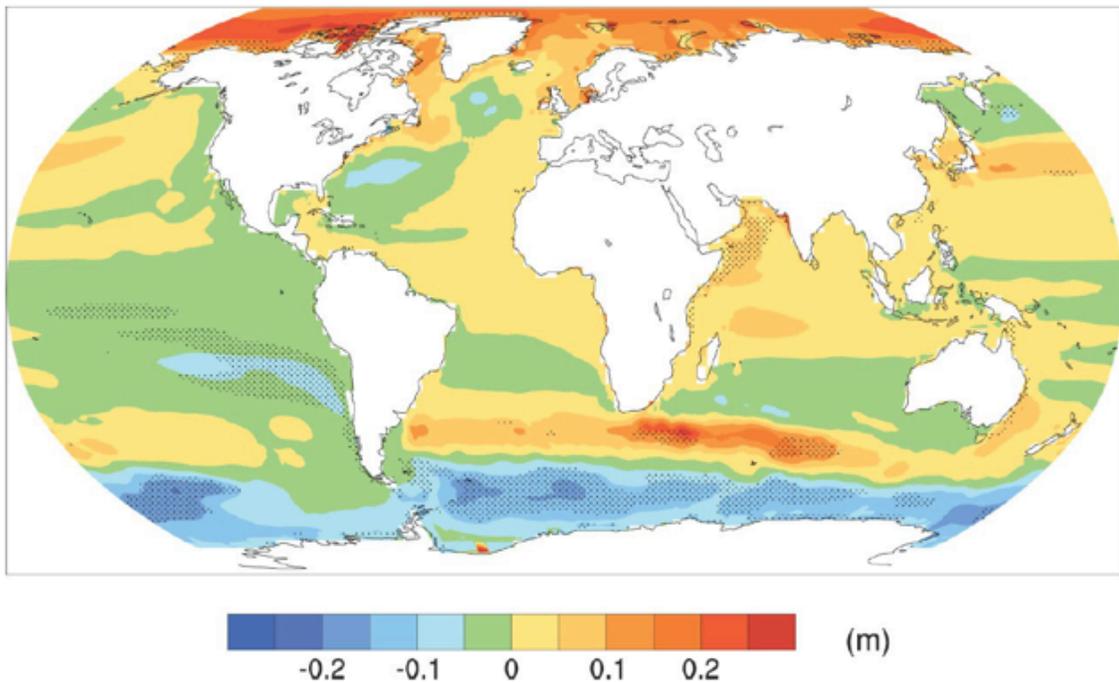
Los factores *Meteo-oceanográficos* (ΔSL_{RM}), incluidas las diferencias en las tasas de expansión térmica oceánica, los cambios a largo plazo en el viento y la presión atmosférica, y los cambios en la circulación oceánica podrían ser significativos, causando grandes separaciones regionales, del valor promedio global para el componente de expansión térmica del cambio del nivel del mar. En el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, los resultados de los Modelos de Circulación General Conjuntos Atmósfera-Océano (AOGCM, por sus siglas en inglés), muestran variaciones regionales en el cambio local del nivel del mar debido a la densidad del océano y la circulación (Ref. 44) que son más bajos que el promedio en el hemisferio sur y más alto que el promedio en el Ártico. Sin embargo, en la región de Trinidad la variación de la media global, aparece muy pequeña y menos de 5 cm (Figura 4-1) o menos de 4% de un estimado central global de 1.25 m.

⁷ Para proyectar la evolución en el tiempo de un ascenso global del nivel del mar hasta el 2100, se ha encontrado que la siguiente función cuadrática sencilla puede ofrecer un buen ajuste, asumiendo que el nivel del mar es de 0 en 1990: $\Delta SL_{RM} = a + bt + ct^2$, donde ΔSL_{RM} es el cambio en el nivel global del mar desde 1990, t es el número de años transcurridos desde 1990, a es la tendencia en el cambio del nivel del mar y c es el cambio en la tasa del cambio del nivel del mar (Ref. 31).

Cambios en el campo de gravedad regional de la Tierra (ΔSL_{RG}) debido al derretimiento del hielo (causados por la redistribución de las masas lejos de Groenlandia, la Antártida y los pequeños glaciares). Si una capa de hielo polar se derrite, entonces el volumen de agua en los océanos aumenta, pero al mismo tiempo, se reduce la atracción gravitacional de la capa de hielo en los océanos cercanos a la capa de hielo. El efecto neto de estos procesos es que el aumento del nivel del mar se produce más rápidamente en las zonas más alejadas de las capas de hielo. Por ejemplo, en el caso de derretimiento del hielo de Groenlandia, habría menos aumento del nivel del mar que el promedio mundial en el Atlántico Norte, cerca de Groenlandia, progresando a un aumento mayor del nivel del mar (en comparación con el valor eustático global) a baja latitudes y en los océanos del sur. Las variaciones regionales del ascenso del nivel del mar causadas por los cambios en el campo de gravedad aún no han sido estudiadas en detalle, pero el efecto puede ser significativo, aumentando potencialmente los niveles del mar experimentados en la región de Trinidad.

Figura 4.1

El cambio del nivel del mar local causado por cambios en la densidad del océano y la circulación en relación con el ascenso medio del nivel del mar, calculado como la diferencia entre 2080-2099 y 1980-1999, en un conjunto promedio de más de 16 AOGCMs forzado con un Escenario SRES A1B.



4.3 Niveles del Mar en Trinidad y Tobago

Los movimientos verticales del terreno (*levantamiento y subsidencia*) (ΔSL_{VML}), debidos a varios factores geológicos naturales y otros procesos inducidos por el hombre. El movimiento vertical del terreno ocurre en la mayoría de los lugares. Las causas naturales incluyen: (1) la neo-tectónica, (2) el ajuste glacio-isostático (GIA, siglas en inglés), y (3) la compactación/consolidación de sedimentos. Estos cambios pueden ser regionales, lentos y constantes, como en el caso de GIA, pero también localizados, enormes y abruptos, como por ejemplo los asociados con los terremotos.

Además, la actividad humana a menudo ha influido en las tasas de subsidencia en las tierras bajas costeras susceptibles, tales como los deltas por tierras ganadas al mar, y mediante la reducción de los niveles freáticos de agua a través de la extracción de agua y un mejor drenaje. Estos procesos mejorados por el hombre están generalmente localizados en los depósitos antiguos del Holoceno y pueden superar localmente, la magnitud de cambios esperados debido al cambio climático a través del Siglo 21.

Es evidente que la tasa de aumento del nivel del mar en el suroeste de Trinidad es aproximadamente cuatro veces mayor que en la zona del noroeste. Es probable que la diferencia se deba a la subsidencia del suroeste de Trinidad en las cuencas tipo pull-apart del Golfo de Paria. (Ref.5).

4.4 Proyecciones del Ascenso del Nivel del Mar para Trinidad y Tobago

Las proyecciones de aumento del nivel del mar en los componentes de Trinidad y Tobago se resumen en la Tabla 43.

Las proyecciones en el aumento relativo del nivel del mar tienen grandes incertidumbres, y mientras se están abordando estas incertidumbres, se recomienda aplicar diferentes aumentos del nivel del mar en función de los impactos potenciales. En el caso actual, se ha aplicado una estimado central de 1.25 m y un estimado alto de 2.15 m de aumento relativo del nivel del mar para el 2100. Estos niveles no incluyen una desviación meteo-oceanográfica ya que en la actualidad se considera insignificante en la región de Trinidad.

Los aumentos del nivel del mar seleccionados están en el extremo más alto, y deben ser ajustados en la medida que haya mayor disponibilidad de pronósticos más creíbles y mediante la incorporación de evaluaciones de los movimientos terrestres verticales locales, los cuales difieren a lo largo de la costa.

Al mismo tiempo, se deben seguir muy de cerca las predicciones del modelo global, ya que éstas proporcionarán estimaciones más confiables de las contribuciones del cambio climático al ascenso del nivel del mar de acuerdo con diferentes escenarios.

Tabla 4.3

Resumen de los componentes del cambio relativo del nivel del mar en Trinidad. Cambios relativos para el 2100 comparados con los de 1990

Cambio relativo del nivel del mar (ΔRSL)		Evaluación actual	Requisitos	Acción de adaptación
Cambio global del nivel del mar	ΔSL_G	Estimación central 1.25 m Estimación alta 2.15 m	Actualización basada en la mejor información	Monitorear el progreso internacionalmente
Desviación impulsada por factores Meteo-oceanográficos del cambio global del nivel del mar	ΔSL_{RM}	Menos del 5 % cambio del nivel del mar a ser agregado	Actualización basada en la mejor información	Buscar y aplicar sistemas de evaluación y herramientas calificados
Correcciones por efectos de la gravedad	ΔSL_{LG}	Asumir un nivel eustático uniforme global del nivel del mar	Actualización basada en la mejor información	Buscar y aplicar sistemas de evaluación y herramientas calificados
Movimientos verticales-naturales de tierra	ΔSL_{VML}^I	Variaciones locales debido a la tectónica. No se asumen cambios	Se requiere evaluación local urgente	Identificar puntos clave y llevar a cabo estudios/iniciar seguimiento
Movimientos verticales de tierra inducidos por actividad humana	ΔSL_{VML}^I	Variaciones locales debido a extracciones de agua e hidrocarburos. No se asumen cambios.	Se requiere evaluación local urgente	Identificar puntos clave y llevar a cabo estudios/iniciar monitoreo
Cambios en marejadas ciclónicas		No se asumen cambios	Modelaje detallado utilizando modelos regionales o reducción estadística de escala impulsada por el cambio climático	

4.5 Marejadas Ciclónicas

Bajo fenómenos extremos, tales como tormentas tropicales y ciclones, las marejadas ciclónicas aumentarán debido a los fuertes vientos que empujan la superficie, lo que hace que el agua se acumule más arriba de los niveles normales del mar. Un segundo elemento más pequeño de agregar proviene de la baja presión en el centro de estos sistemas meteorológicos. El alcance de las marejadas ciclónicas es influenciado por la batimetría. Es, este efecto combinado de baja presión y el viento persistente sobre un cuerpo de agua poco profundo, la causa más común de problemas de inundaciones debido a las marejadas ciclónicas, particularmente cuando coinciden con las mareas altas.

Como Trinidad se encuentra en el margen meridional del cinturón de huracanes del Atlántico, las ocurrencias de tormentas tropicales y ciclones son raros en comparación con otras partes del Caribe, y los eventos tienden a ser menos severos, tal como se ilustra en la Figura 1-4 (página 5) y Figura 1-5 (página 5). En la (página 6) se indican los niveles de marejadas ciclónicas asociados a las diferentes categorías de ciclones, Escala de Huracanes Saffir-Simpson. Basados en la historia de los ciclones en Trinidad, parece ser que las marejadas ciclónicas, son poco probable que superen el nivel de 3 m correspondiente a un ciclón de categoría 3 (Tabla 1-2, página 6 y Tabla 1-3, página 7). Sin embargo, una evaluación más confiable de posibles marejadas ciclónicas en Trinidad requeriría de un estudio de ciclones, en el cual las condiciones locales pueden tomarse en cuenta debidamente.

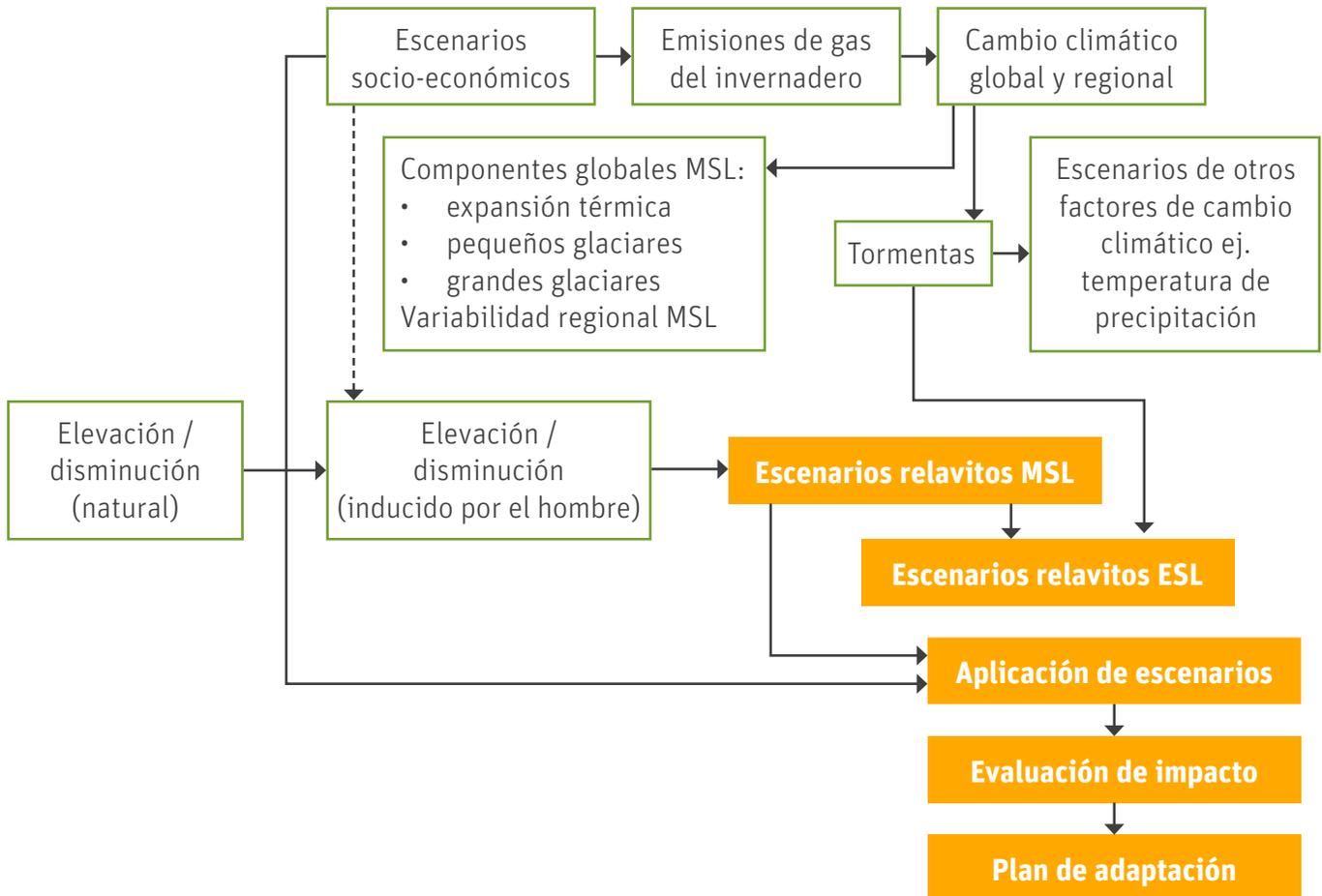
5 Impactos del Ascenso del Nivel del Mar en el Sector Hídrico en Trinidad y Tobago

5.1 Desarrollo General y Aspectos del Cambio Climático

El enfoque estándar de las evaluaciones de impacto cambio climático pueden describirse como descendente ya que se inician con escenarios socio-económicos y de emisiones de gas de efecto invernadero, ambos globales y a largo plazo, que impulsan los modelos climáticos, los cuales, subsiguientemente, son reducidos de escala global a escala local. A través de una serie de pasos analíticos los parámetros resultantes del cambio climático local, se llevan a través de impactos biofísicos hacia una evaluación del impacto socio-económico local. Como parte de este marco, es necesario determinar, el cambio relativo del nivel del mar, el cual se compone de las sumas de las tendencias a nivel global, regional y locales relativas al cambio de los niveles de océanos de la tierra (Ver Sección 3.1). Estos componentes y sus impulsores, están comúnmente vinculados dentro de una evaluación de impacto, tal como se ilustra en la Figura 51.

Figura 5.1

Resumen de una metodología general aplicada comúnmente para el desarrollo de escenarios del nivel del mar para l evaluaciones del impacto y la planificación de la adaptación. MSL – Media del nivel del mar; ESL - nivel extremo del mar (Fuente: Ref. 31).



La Sección 4 – Proyección del Ascenso del Nivel del Mar, proporcionó un análisis más detallado de los niveles del mar relativos y se recomendó una estimado central de 1.25 m y un estimado alto de 2.15 m de aumento relativo del nivel del mar para el año 2100 que se aplicarán en Trinidad para este caso de estudio. En las discusiones se evaluó más adelante, que las marejadas ciclónicas de más de 2 m, correspondientes a un ciclón de categoría 2, era poco probable que ocurriesen; sin embargo, se requiere un estudio más exhaustivo sobre ciclones para corroborar ésto.

La evolución en el tiempo del nivel relativo del mar es gradual, con niveles más pronunciados en la última parte del período posterior a una función cuadrática. Las medidas de adaptación relacionadas a los proyectos y planes, por lo tanto, tienen que ser cuidadosamente desarrollados teniendo en cuenta los tiempos de vida de las inversiones, comparado con el progreso en el ascenso del nivel del mar y la magnitud y frecuencia de planificación para eventos severos.

Tal como se planteó anteriormente en la Sección 3, existe una presión considerable de desarrollo sobre la tierra, el agua y otros recursos en las áreas costeras de Trinidad, que con el tiempo, han creado problemas graves de manejo que deben ser abordados, incluyendo la degradación de los humedales, la salinización de los acuíferos, la erosión, las inundaciones y más. Es importante darse cuenta de que el ascenso del nivel del mar es sólo uno de los varios retos que deben abordarse en el uso de la tierra y la planificación de los recursos del país. Por lo tanto, el aumento del nivel del mar y sus implicaciones probablemente no podrán resolverse por separado. Dada la alta población y la presión del desarrollo y la complejidad de los ambientes costeros, se requerirán enfoques más integrados y coordinados para la manejo del desarrollo en las zonas costeras. Es esencial que la adaptación al cambio climático se incorpore de manera importante a dicho manejo, y se identifiquen las medidas de adaptación importantes para abordar los efectos del nivel del mar, y así participar en el manejo de la planificación de la línea de la costa (SMP, siglas en inglés), el manejo integrado de zonas costeras (ICZM, siglas en inglés), que incluyen los vínculos entre las áreas costeras y las cuencas de captación y el manejo integrado de los recursos hídricos (IWRM siglas en inglés).

5.2 Impactos sobre el Drenaje Pluvial y las Inundaciones en Puerto España

5.2.1 Generalidades sobre el Drenaje Pluvial y las Inundaciones en Puerto España

Las inundaciones ocurren con frecuencia en la ciudad de Puerto España, en especial en las zonas bajas entre el Río Maraval en el oeste, y el Río Santa Ana en el este.

Las inundaciones son el resultado de una serie de factores tales como: (Ref. 38)

Los intensos desarrollos urbanísticos y la eliminación de la vegetación de las laderas al norte de Puerto España, han provocado un aumento de los volúmenes de aguas superficiales y la concentración de escorrentía más rápida (es decir, picos escarpados de corto plazo).

Infraestructura inadecuada de drenaje: La actual infraestructura de drenaje fue construida en la década de 1960. Desde entonces, no ha habido ninguna reingeniería sistemática del sistema, a excepción de las reparaciones puntuales y esfuerzos ad-hoc para que los drenajes en deterioro continúen operando. Bajo condiciones extremas, el sistema carga volúmenes, para los cuales nunca fue diseñado.

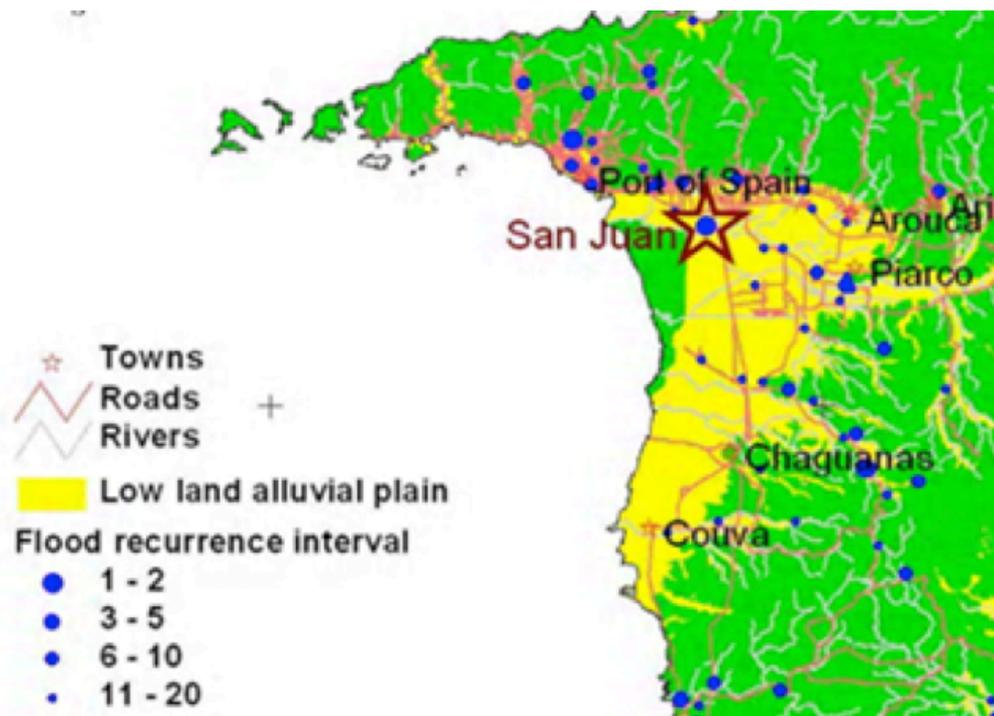
El aumento de la erosión en las cuencas de captación aguas arriba, y la deposición de sedimentos en los segmentos más bajos de los cauces de los ríos, y los desagües y los residuos sólidos acumulados, y que en ausencia de un mantenimiento regular, reduce una efectiva conducción hidráulica de los ríos y los drenajes.

Las ocurrencias de tormentas fuertes de lluvia y las mareas altas agravan la situación de inundación.

La Figura 52 a continuación, muestra los principales puntos de inundación del área metropolitana de Puerto España (Ref. 32, 33).

Figura 5.2

Ubicación de inundaciones en el área metropolitana de Puerto España. El tamaño de los puntos azules indica una medida de frecuencia de la inundación. Basadas en ocurrencias de inundación por más de 20 años, entre 1986 y el 2006. Las ocurrencias de inundación 10 - 13, 4 - 9, 2 - 3 y 1 vez, se categorizaron en 1 - 2, 3 - 5, 6 - 10 y 11 - 20 clases de intervalos recurrentes de inundación respectivamente. Tomado de la Figura 3-3 (Página 19)–en inglés–.



Las inundaciones ocurren en lugares donde los gradientes de los cauces cambian abruptamente, por lo general, donde la tierra vieja se encuentra con la tierra ganada al mar. En el centro de la ciudad, los lugares de inundación conocidos incluyen Wrightson Road, South Quay, Henry Street y el Brian Lara Promenade. Las inundaciones se producen después de una precipitación fluvial corta e intensa, y que por lo general se retira después de una hora, lo que indica que la causa general de las inundaciones, está relacionada con la insuficiente capacidad de evacuación del agua de lluvia desde el área hacia el mar.

Como consecuencia de la erosión subterránea severa y los desagües disfuncionales durante las tormentas fuertes, se han abierto sumideros peligrosos en varios lugares, poniendo en peligro las vidas humanas y causando trastornos graves del tráfico y pérdidas (ver Figura 5-4).

Los ríos en Puerto España no tienen un historial de inundaciones frecuentes. Hay, sin embargo, evidencia histórica de que el *East Dry River* causó una inundación, debido presumiblemente a obstrucción de los cauces del río por depósitos de sedimentos y desechos sólidos.

Figura 5.3

Inundación en el centro de Puerto España, con sobrecarga de los desagües pluviales durante un fuerte aguacero.



Figura 5.4

Un sumidero masivo en Beetham Highway (Puerto España) causado por erosión subterránea debido al drenaje pluvial disfuncional.



5.2.2 Soluciones a los problemas de drenaje pluvial en Puerto España

Recientemente, después de repetidos incidentes de inundaciones, se ha iniciado un proyecto con el título “Proyecto de Mitigación de Inundaciones en Puerto España”. El objetivo principal de este proyecto es mitigar las inundaciones en la ciudad capital, e incluye nueve paquetes, y representa la materialización de las promesas de que los problemas de inundaciones serán resueltos (Ref. 37 y Ref. 41).

Figura 5.5

Estanque de detención temporal en South Quay, como resultado del proyecto en curso “Proyecto de Mitigación de Inundaciones en Puerto España”.



Estas actividades en curso están siendo objeto de críticas, (por ejemplo, la Ref. 40), por carecer del enfoque holístico para esta compleja situación. Las soluciones parciales como las que actualmente se han perseguido, sin duda mitigarán los actuales problemas locales, pero no proporcionarán una solución sostenible a largo plazo. (Ej. Ref. 40)

Se busca una inspiración para la solución en el último intento conocido, para resolver los problemas de drenaje pluvial en Puerto España, que data de más de 30 años atrás. Fue un estudio realizado en 1981, conocido como el “Informe del Dr. Millette”, cuya validez para la solución de los problemas de drenaje, no ha sido objeto de controversia y la cual ha sido planteada en varias ocasiones en los debates entre las partes interesadas como un ejemplo de un buen enfoque a este complejo problema (Ref. 39).

Ahora, más de 30 años después, el informe probablemente puede ser utilizado como un principio para un nuevo estudio exhaustivo, basado en la situación real, las herramientas analíticas modernas y el conocimiento de los impactos de los posibles cambios climáticos.

El estudio del Dr. Millette, ha registrado el estado existente (es decir, de 1981), de los sistemas de drenaje individuales en la ciudad y expone soluciones para las deficiencias identificadas. Entre otras, las áreas aguas abajo de la ciudad fueron identificados como las áreas problemáticas para las inundaciones.

Como las principales causas probables de las inundaciones, el estudio incluyó el vertido de escombros, los sedimentos, las conexiones ilegales de aguas residuales crudas en el sistema de aguas pluviales, la restricción de los nuevos canales de drenaje debajo de la entrada de algunos nuevos desarrollos y el tamaño inadecuado de tuberías y las entradas de drenajes de los conectores (slipper).

El informe sugiere varias posibles soluciones para remediar el problema, que incluyen:

- Limpieza de los depósitos de sedimentos del sistema existente, que estaban presentes en cantidades significativas;
- La introducción de medidas destinadas a evitar la sedimentación de los desagües;
- Mejorar el sistema de manejo de residuos sólidos, con el objetivo de reducir la probabilidad de obstrucción por residuos;
- Incorporar una fuga de alivio paralelo para el exceso de flujos;
- Instalación de un nuevo colector tronco, posiblemente vinculando más de un área de captación, tomando el exceso de flujos a un punto de descarga diferente;
- El uso activo de almacenamiento existente y la introducción de almacenamiento adicional para el exceso de flujos

Además, el informe recomienda la instalación de estaciones que incorporan diversos grados de almacenamiento, cerca de Murray Street, Charles Street, South Quay al este de Río St Ann, South Quay / Beetham Highway y el Independence Square.

Los ríos St Ann y Maraval - dos sistemas fluviales principales que fluyen a través de la zona de Puerto España, también fueron identificados como objetos para mejoras importantes, a través de una serie de acciones específicas.

5.2.3 Contribución del ascenso del nivel del mar al problema de inundación

Los factores responsables de las inundaciones, mencionados anteriormente y elaborados en el estudio del Dr. Millette, sobrepasan en la actualidad, por mucho, la importancia del ascenso gradual del nivel del mar y la remediación inmediata del problema agudo de las inundaciones deben basarse en hacer frente a estos factores.

En una perspectiva a largo plazo, sin embargo, el aumento del nivel del mar tendrá un impacto en el drenaje de aguas pluviales de Puerto España y se desempeñará como un factor adicional de complicación. Un aumento previsto del nivel del mar de hasta 1,25 m (estimación central) a finales del siglo 21, va a cambiar significativamente la condición hidráulica en la parte baja de los ríos urbanos y las partes bajas de la red de drenaje pluvial en Puerto España. Como se desconoce la magnitud y la importancia de este impacto, el mismo debe tomarse en cuenta al estudiar los esfuerzos de rehabilitación.

Las conclusiones del estudio del Dr. Millette han confirmado que, además de las inadecuadas condiciones estructurales y funcionales del sistema de drenaje y las presiones crecientes de carga, incluso en 1981, una parte del problema de las inundaciones en el centro de Puerto España podría atribuirse a las condiciones de evacuación de aguas pluviales en el mar. La solución propuesta fue un aumento de la capacidad gravitacional y la introducción de estaciones de bombeo.

Este tema es igualmente importante hoy en día y probablemente desempeñe un papel aún más importante en el futuro. Los niveles promedios futuros del nivel del mar, aumentarán posiblemente un 1.25 m, lo que cambiará fundamentalmente las posibilidades de evacuación gravitacional de las aguas pluviales, lo que podría reducir potencialmente la eficacia del drenaje en las áreas críticas.

Por lo tanto, cualquier nuevo estudio del sistema de drenaje de aguas pluviales, en Puerto España, debe tomar en serio el impacto del ascenso del nivel del mar. Un ejemplo de la aplicación de esta metodología para la ciudad de Montevideo se da en la Referencia 47.

En conclusión, el ascenso del nivel del mar es un asunto ineludible que debe incluirse en el estudio sobre los problemas de drenaje de aguas pluviales en Puerto España.

5.3 Salinización de los Acuíferos

El suministro de agua en Trinidad, está basado en gran medida, en las aguas subterráneas y las autoridades nacionales de recursos hídricos están preocupadas por el impacto potencial de un futuro aumento del nivel del mar relacionado con el cambio climático.

Los datos hidrogeológicos sobre algunos de los acuíferos costeros más importantes (Gravas de Puerto España y Gravas del Norte) han sido recibidos de WASA, y este capítulo se centra en estos lugares. Los datos están en la forma de mapas hidrogeológicos, ubicación de transectos interpolados de campos de pozos de acuíferos, series de tiempo de la reducción de cargas hidráulicas en diversas perforaciones y algunas mediciones de la calidad del agua. Además, se han recibido informes de anteriores sobre la intrusión salina (Ref. 45) y la descripción general de los sistemas acuíferos (Ref. 46). Los datos se recibieron en una etapa posterior a la preparación del informe y, aunque estos datos, cuando se complementan con información hidrológica e hidrogeológica adicional, pueden ser utilizados para establecer los modelos hidrogeológicos detallados de los acuíferos; este tipo de modelos está fuera del ámbito de la presente estudio, el cual debe limitarse a una evaluación más general del problema.

Los Acuíferos de las Gravas de Puerto España y las Gravas del Norte, siendo los principales acuíferos para el abastecimiento de agua de Puerto España, se encuentran ambos ubicados en depósitos de sedimentos profundos intersectados por lentes de arcilla horizontales de baja permeabilidad. Ambos acuíferos parecen estar en contacto directo con el agua de mar a lo largo de la línea costera y probablemente también costa afuera (Ver transectos en el Anexo B).

Los aspectos generales de la intrusión de agua de mar en los acuíferos con la explotación del agua subterránea, pero sin tener en cuenta el aumento del nivel del mar, se resumen en el Cuadro A, más adelante. En los casos, donde el mar constituye el contorno de presión aguas abajo de un acuífero profundo *natural no perturbado*, un aumento en la media del nivel del mar, normalmente llevaría a un aumento en los niveles de agua subterránea de la misma magnitud que el aumento del nivel del mar. Este tipo de casos es poco probable que conduzcan a la intrusión de una salinidad significativa. Sin embargo, en ambos acuíferos considerados, el bombeo a gran escala ha bajado la capa freática a niveles muy cercanos a, o por debajo de la media del nivel del mar actual. La reducción de la carga hidráulica puede haberse agravado por los cambios de uso del suelo en las cuencas hidrográficas contribuyentes, por ejemplo, en forma de urbanización que conlleva a la disminución de las tasas de recarga en los acuíferos (Ref. 30). Por lo tanto, los acuíferos no podrían considerarse como no perturbados.

Ya se ha experimentado contaminación por intrusión de agua salada en ambos sistemas de aguas subterráneas de la península Gravass del Noroeste (Puerto España / Cocorite), las Gravass del Norte (El Socorro), donde ocurre un bombeo significativo cerca del mar, y también en el Mayaro Sandstone (costa este de Trinidad). Las Gravass de Puerto España, tiene una porción de agua salada formada abruptamente y se ha encontrado intrusión de salinidad, la cual parece ser horizontal en vez de vertical (Ref. 45). Los niveles de salinidad cerca del mar responden rápidamente a cualquier variación en las tasas de abstracción. Además, los pozos de bombeo a partir de una profundidad de 30-100m se considera que en general tienen niveles de salinidad más bajos que los de bombeo de profundidad superior de 10-20 m.

En la Península Gravass del Noroeste (Puerto España / Cocorite) y en las Gravass del Norte (El Socorro) tiene lugar un bombeo significativo cerca del mar y donde los niveles de agua subterránea son monitoreados (Figura 3-2) y controlados para reducir la intrusión de salinidad, lo cual, como se ha mencionado, ha sido previamente un problema en algunos de los pozos (véase la Tabla 3-2).

Si los niveles de aguas subterráneas se mantienen en el nivel actual, en una situación de una media del nivel del mar más alta, la intrusión de salinidad es probable que aumente, ya que el gradiente entre el mar y los pozos más cercanos sería más pronunciado. En principio, esto podría evitarse al permitir que los niveles de agua subterránea se eleven al mismo ritmo que la media del nivel del mar. Suponiendo que la recarga de los acuíferos se mantiene sin cambios en el futuro, esto podría ser posible si se mantienen las tasas de bombeo actuales. Dos factores, sin embargo, podrían convertir esto en un escenario problemático:

a) Los niveles de aguas subterráneas ya se encuentran en la actualidad, muy cerca de la superficie en las áreas costeras de Puerto España (véase el Anexo B). Un nuevo aumento de los niveles de agua subterránea podría conllevar a problemas estructurales en las infraestructuras bajas, tales como carreteras o edificios con fundaciones pobres. Podría ser, sin embargo, que los niveles de terrenos más bajos de tierras ganadas al mar tengan que incrementarse de todos modos para evitar la inundación por los aumentos en los niveles del mar.

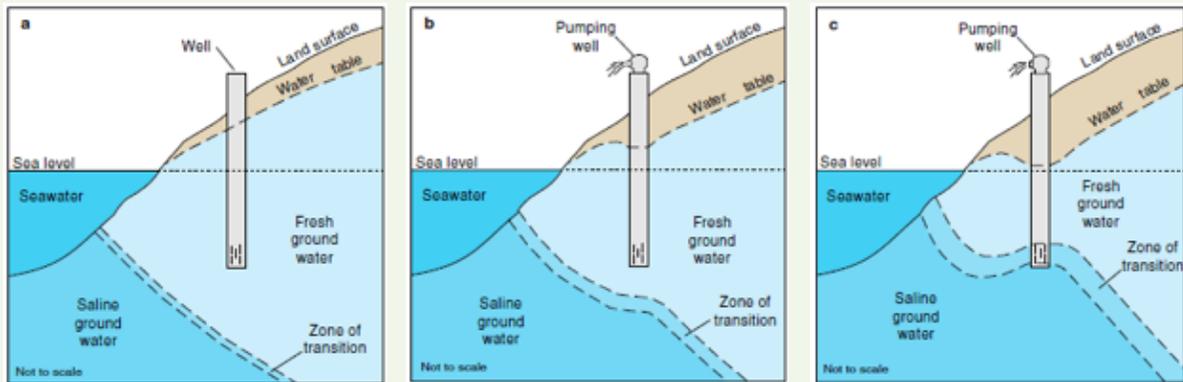
b) Con disminuciones proyectadas en la precipitación anual en Puerto España de 14% en el 2050 y un 21% en el 2100 (véase el Anexo A) en combinación con el aumento de la evaporación potencial del 5% (2050) y 8% (2100); las tasas de recarga de los acuíferos es probable que disminuya en el futuro, si todos los otros factores (permeabilidad de las cuencas de captación y la cubierta vegetal, etc.) no se modifican. Por ende, las tasas de bombeo actuales no serían sostenibles si no se introducen medidas adicionales para combatir la salinización de los acuíferos.

Cuadro Texto A: Intrusión salina en los Acuíferos, Aspectos Generales

En los acuíferos costeros naturales, los niveles de agua subterránea más elevados en el lado del terreno procedentes de las recargas del acuífero, mantienen una interface de equilibrio para el agua subterránea salina más pesada debajo del mar. El bombear agua dulce subterránea reduce el peso del agua dulce suprayacente, que a su vez, puede disminuir o incluso invertir el flujo de agua de mar, de manera que se mueva hacia tierra al acuífero de agua dulce. Esta migración de agua de mar en el acuífero de agua dulce, se conoce como, intrusión de agua de mar.

La interface entre el agua subterránea salada por debajo, y el agua dulce subterránea por encima, es una zona de transición O que gradualmente va mezclando agua dulce y salada. Bajo condiciones naturales no desarrolladas, la ubicación de esta zona se movería ligeramente cuando la marea sube o baja y según las recargas fluctúen estacionalmente. Asimismo, esta zona y la zona de agua dulce se moverá hacia arriba con el aumento del nivel del mar, lo que eventualmente podría causar que el agua dulce subterránea suba a la superficie y por lo tanto, dar lugar a la inundación de las zonas bajas, y limitar el posible nivel de las aguas subterráneas sobre el nivel del mar (h), que a su vez, podría llevar a la interface a moverse más tierra adentro.

Sin embargo, cuando un pozo bombea agua dulce subterránea cercana a una zona de transición, el equilibrio puede ser perturbado y cambiado el patrón del flujo de agua subterránea (Figura A, a continuación). En la medida que el agua es bombeada fuera de la zona acuícola, la zona de transición se mueve hacia arriba, hacia el pozo. (Figura B, a continuación). El bombeo prolongado o a gran escala, puede elevar la zona de transición al pozo, el cual podría traer agua salada. (Figura C a continuación).



Pozo de no-bombeo en un acuífero no confinado bajo condiciones de equilibrio – no se ha producido intrusión

Pozo bombeando de un acuífero no confinado – la intrusión del agua del mar no afecta la salinidad del agua bombeada

Pozo bombeando de un acuífero no confinado – la intrusión del agua afectando la salinidad del agua bombeada

Se espera que los cambios climáticos futuros, por ejemplo, las precipitaciones, la temperatura y el nivel del mar, afecten negativamente la cantidad y calidad de los recursos hídricos subterráneos. Sin embargo, el comportamiento hidrogeológico de los acuíferos es complejo y sólo será posible hacer evaluaciones cuantitativas confiables de tales impactos mediante la aplicación de modelos hidrológicos y subterráneos integrados detallados. Estos modelos se utilizan normalmente para evaluar las consecuencias de los cambios climáticos y pueden ser utilizados para investigar los efectos de diversas medidas de adaptación, tales como los propuestos en la Sección 0 a continuación. Es por lo tanto muy recomendable, iniciar este tipo de modelaje para Puerto España y los acuíferos Grava del Norte.

Con el fin de apoyar tanto el modelaje y el manejo futuro del acuífero, es muy recomendable que los acuíferos costeros de agua subterránea sean monitoreados cuidadosamente y de forma continua con respecto a: las tasas de bombeo, la calidad del agua, los niveles de agua subterránea y el nivel de agua de mar.

5.4 Impactos de la Inundación

Los impactos de inundación de varios escenarios de aumento del nivel del mar, se han ilustrado en la Figura 5-7 a continuación, y se basan en un análisis de SIG utilizando un curso de 90 m Modelo de Elevación Digital (DEM). Las áreas afectadas calculadas, han sido listadas en la Tabla 5-1.

Tabla 5.1

Áreas de Trinidad situadas debajo de ciertas curvas de línea (Tabla Hipsométrica). La Tabla pues proporciona una indicación del % de tierra que sería inundada en varias subidas del nivel del mar.

Contorno (m.a.s.l.)	Área por debajo de la curva de nivel	
	(km ²)	(% del área total)
1	18.1	0.4
2	42.2	0.8
3	78.2	1.5
4	118.8	2.3
5	164.3	3.2
7	262.6	5.1
10	417.0	8.1
25	1239.3	24.2
50	2669.6	52.1
100	3919.0	76.5
250	4617.8	90.1
500	5003.2	97.6
750	5105.3	99.6
1000	5125.5	100.0
Total de la Isla	5125.7	100.0

El escenario de 1m y 2m resulta en un impacto relativamente pequeño en términos de superficie, en comparación con el área general de Trinidad. El uso del modelo de elevación aproximada puede, sin embargo, subestimar estas zonas, (Véase la Sección 1). Más importante aún, muchas de estas zonas son intensivamente pobladas y altamente desarrolladas, y por lo tanto, inversiones considerables y medios de subsistencia, pueden estar en riesgo si se vieran afectadas. Los escenarios de 3m y 5m proporcionan una indicación de la posible repercusión del aumento del nivel del mar combinado con las marejadas ciclónicas, pero también indican áreas que en cierta medida, podrían estar sometidas a la congestión de los drenajes en caso de niveles del mar elevados. El escenario de 10 m se considera un (improbable) límite superior de áreas que podrían verse afectadas por un evento severo de aumento del nivel del mar y las marejadas ciclónicas. Se puede observar que hay considerables áreas que están en riesgo. A pesar de que los escenarios de marejadas ciclónicas son sólo de corta duración, mientras las marejadas ciclónicas retroceden, los medios de vida y las implicaciones económicas asociadas con dicha inundación, pueden ser considerables.

El aumento del nivel del mar aumentaría el riesgo de inundaciones en las zonas costeras bajas a través del aumento de los niveles de marejadas ciclónicas extremas. La subida del nivel del mar en sí mismo, normalmente no causaría inundaciones catastróficas. Sin embargo, los crecientes niveles del

mar, bien podría conducir a una seria congestión de drenajes en zonas bajas actualmente habitadas, o en uso para actividades agrícolas. Esto muy bien podría convertirse en un serio problema para las zonas agrícolas alrededor de D be hacia el sur y alrededor de Coco Bay.

Por otra parte, la subida del nivel del mar aumentaría los niveles extremos de agua causados por las marejadas ciclónicas, o en otras palabras, el aumento del nivel del mar reduciría el intervalo de recurrencia de eventos de mareas ciclónicas, véase Figura 5-6. El ejemplo muestra un aumento en el nivel del mar de 50 cm a lo largo de la costa danesa del Mar de Wadden, que disminuye el período de recurrencia de 100 años a 20 años, por la inundación de un dique, que ha sido diseñado para un nivel de agua de 340 cm. El cambio en el período de recurrencia depende de la pendiente de la curva de excedencia del nivel de agua extremo, y una pendiente más plana introduciría reducciones aún más drásticas en el período de recurrencia para los eventos de diseño. Esto es evidente según el ejemplo de Sri Lanka en la Figura B-1, donde un aumento de 50 cm en el nivel del mar, trae una disminución en el período de recurrencia de 100 años a menos de 2 años debido la excedencia de los niveles de agua en 150 cm (Ref. 14).

La falta de información estadística sobre los niveles extremos de agua en Trinidad, ha impedido que se ilustre el impacto del aumento del nivel del mar en recurrencias de niveles de agua extremos.

Como se mencionó en la Sección 3, la Compañía de Petróleo de Trinidad y Tobago (PETROTRIN) evaluó en 2006, la vulnerabilidad de sus instalaciones de petróleo y gas debido al ascenso del nivel del y las marejadas ciclónicas impulsadas por el clima, centrándose en la costa que se extiende desde el río Vessigny en el Norte hasta Cap-de-Ville en el Sur. Basados en proyecciones de subidas del nivel del mar de MCGAO y estimados de oleajes, el estudio utilizó un modelo de elevación digital para evaluar las pérdidas de terrenos e instalaciones de infraestructura en riesgo por las inundaciones y la erosión. El estudio basaba sus evaluaciones sobre una subida simulada del nivel del mar para el 2071 entre 25 y 51 cm y marejadas ciclónicas sobrepuestas de 2 y 5 m respectivamente. Los resultados pronosticaron pérdidas de tierras, de moderadas a severas, que amenazan las instalaciones y la infraestructura existentes. Por otra parte la mayoría de las plataformas de los pozos costa afuera, experimentarían inundaciones durante las marejadas ciclónicas, y además, estarían en riesgo por el impacto del viento y de las olas (Ref. 16)

Las recomendaciones mínimas dadas por el estudio, incluyen entre otras, que la adaptación y / o el diseño de las instalaciones y la infraestructura en zonas de riesgo debe dar cabida a un metro y medio de aumento del nivel del mar y mareas ciclónicas de hasta 5 metros, así como la erosión de la línea costera asociada con tal aumento del nivel del mar y las condiciones climáticas extremas. Se encontró muy recomendable desarrollar un plan de manejo de la zona costera, integrando los diferentes usos de la tierra para acomodar el cambio climático y la subida del nivel del mar (Ref. 16).

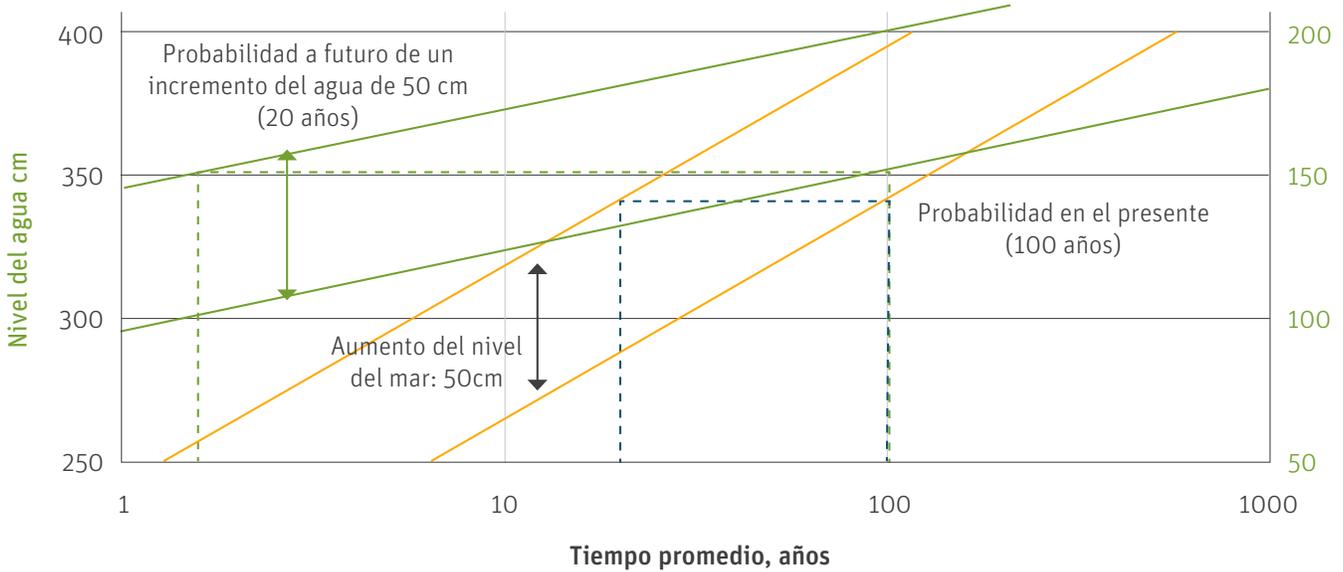
Tal como se planteó en la Sección 4, predicciones más recientes sugieren mayores aumentos del nivel del mar que las utilizadas en el estudio. Por otro lado, las marejadas ciclónicas aplicadas, están asociadas con fuerzas ciclónicas más allá de los niveles registrados en la zona de Trinidad. Mientras se sustenta la necesidad de desarrollar una mejor base de información para la evaluación de la vulnerabilidad, los escenarios utilizados por el estudio, que combinan el aumento del nivel del mar y las mareas ciclónicas, se encuentran en niveles comparables a los descritos anteriormente.

Para abordar la vulnerabilidad a las inundaciones por el aumento del nivel del mar en Trinidad se requiere:

- Construir y actualizar modelos de elevación digital más precisos, para el país en general, y con mayor urgencia en las zonas litorales bajas que se encuentran bajo presión demográfica y desarrollo económico.
- La atención continua a las predicciones de aumento global del nivel del mar, mientras se busca una mejor cuantificación de la contribución local al aumento del nivel del mar, de los procesos tectónicos y procesos de subsidencia a lo largo de las áreas costeras.
- Mejores evaluaciones de las mareas ciclónicas para el país, basadas en el estudio de ciclones.

El cumplimiento de estos requisitos permitiría identificar con más precisión, las áreas a lo largo de la costa vulnerables a inundaciones por el aumento del nivel del mar en general y durante eventos de inundaciones extremas, que se requieren para evaluar los riesgos para las personas y las inversiones, y tomar decisiones sobre las medidas para hacer frente a estos riesgos. Como el aumento del nivel del mar es un proceso gradual, el patrón de riesgo cambia con el tiempo y las decisiones sobre las medidas de adaptación deben tomarse con una perspectiva a corto, mediano y más largo plazo.

Figura 5.6 Ejemplo de análisis de niveles de agua extrema, niveles de inundación vs intervalo de recurrencia en años para la costa danesa del Mar de Wadden y para Sri Lanka. Se muestra la influencia de un aumento del nivel del mar de 0,50 m.



Naranja y azul: Ejemplo de Dinamarca (100 a 20 años)
Verde: Ejemplo de Sri Lanka (100 a 2 años)

Hay básicamente tres vías o formas de adaptación que se pueden considerar por separado o en combinación (Ref. : 23):

Proteger las zonas de riesgo del aumento del nivel del mar. Esto implica la defensa de las zonas vulnerables, incluidos los centros de población, las actividades económicas y los recursos naturales.

Acomodarse a los impactos del aumento del nivel del mar. Esto implica continuar ocupando las zonas vulnerables aceptando el nivel y la frecuencia de las inundaciones y respondiendo al cambio en los usos del suelo, los métodos de construcción y mejorando la preparación y respuesta a eventos extremos.

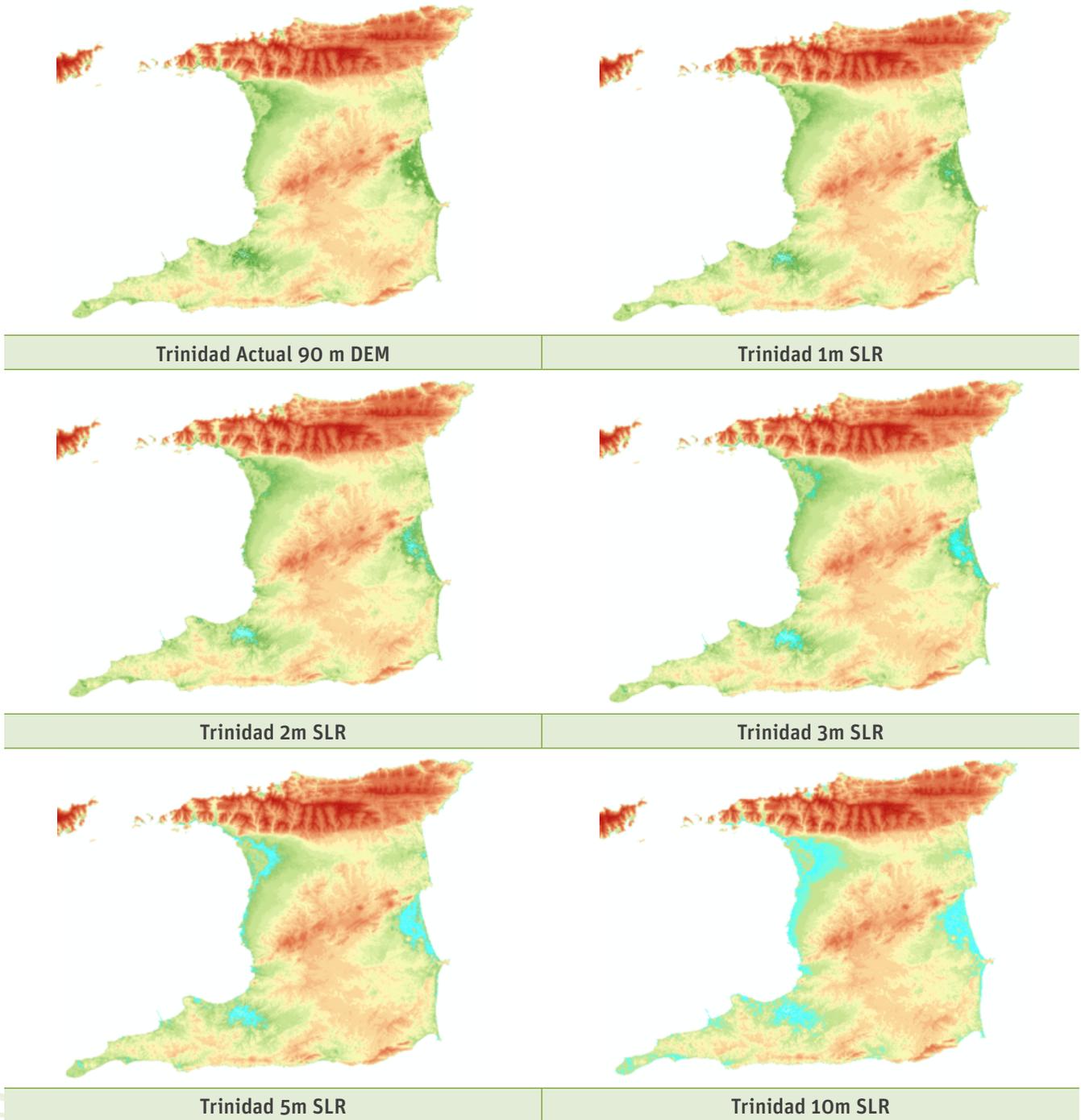
Retirada. El abandono planificado de las zonas desarrolladas y reubicación a zonas que no son vulnerables al aumento del nivel del mar.

Las rutas 1 y 2 pueden ser consideradas reactivas y, como tal, a menudo se toman cuando se aplican medidas en una perspectiva de corto y mediano plazo. Tales medidas podrían resultar costosas en una perspectiva de más largo plazo, donde la vía 3 sería más costo-efectiva. Encontrar una estrategia adecuada para equilibrar las medidas de adaptación entre estas vías, se basa en la integración del cambio climático y el ascenso del nivel del mar, y de hecho, en los sistemas de planificación. Como se planteó en la Sección 5.1 anterior, la planificación tradicional del sector ha demostrado ser insuficiente para hacer frente a los retos especiales en la manejo del desarrollo en las zonas costeras complejas, y se reconoce que, en Trinidad y en otros lugares, se requiere de enfoques más holísticos e integrados para la planificación del desarrollo, como por ejemplo los enfoques que se ofrecen en ICZM y en IWRM. La dimensión de planificación espacial juega un papel clave, y por lo tanto, la planificación física se convierte en un elemento importante en los procesos de reformar la gestión. Las vulnerabilidades relacionadas con la inundación se deben integrar como tema importante en el análisis espacial para la planificación del uso del suelo. Es importante que este tipo de análisis tome debida consideración de los cambios en los patrones de riesgo ligados al aumento gradual del nivel del mar.

El Ministerio de Planificación y Economía de Trinidad y Tobago se está preparando para un nuevo Plan de Desarrollo Físico Nacional (NPDP siglas en inglés) ya que el plan vigente de mediados de la década de 1970 ya no se considera una articulación relevante para la dirección del desarrollo del país. Parte del nuevo marco de planificación será una Estrategia Nacional de Desarrollo Espacial que deberá enunciar las dimensiones espaciales de los principales usos de la tierra, los objetivos nacionales y sectoriales, dar orientación estratégica sobre las adaptaciones de las grandes infraestructuras y la ubicación de las principales instalaciones, y articulará la estrategia de desarrollo urbano nacional (Ref. 50). El plan de desarrollo territorial y el plan de desarrollo espacial son los puntos de entrada cruciales para la integración de medidas de adaptación al cambio climático en la planificación nacional. (Ref. 50).

Visualización de los diferentes escenarios SLR basada en 90 m DEM para Trinidad. Los SLR escenarios mas altos (3m, 4m, 5m y 10m) no son realistas. Sin embargo, se han incluido para ilustrar el impacto potencial combinado de SLR y las marejadas ciclónicas. Por favor, consulte el Anexo 1 para los mapas de mayor resolución.

Figura 5.7



5.5 Impactos sobre el Litoral – Erosión

La erosión y acreción de la costa son procesos naturales que configuran las costas donde la tierra se encuentra con el mar. Los factores que influyen son, los vientos, las olas, las corrientes, las mareas, las condiciones de tormenta y mareas, el aumento del nivel del mar, subsidencia del terreno y el aporte de sedimentos de los ríos. La interferencia antropogénica con procesos subyacentes pueden alterar significativamente las tasas de acreción o sedimentación. Esto podría ser a través de los cambios de uso del suelo en las cuencas, que pueden tener un impacto en los procesos de sedimentación que juegan un papel en la morfología de la línea de la costa. También puede alterar el régimen hidrológico lo cual puede tener un impacto en los patrones de erosión / acreción a lo largo del mar adyacente a los estuarios. La interferencia con la línea costera en sí por el desarrollo de infraestructuras también puede influir en la erosión y acreción en distancias largas de la costa.

Los impactos del aumento del nivel del mar en el retroceso de la línea de la costa, a menudo se evalúan utilizando la Regla de Bruun, que da una relación entre el aumento relativo del nivel del mar, la pendiente de la línea costera y el retroceso (Cuadro de Texto B a continuación). Donde las playas tienen pendientes costeras suaves, los retrocesos causados por un aumento relativo del nivel del mar de 1 m pueden ser de hasta 100 a 200 metros.

Los estudios de perfiles de las playas monitoreadas alrededor de Trinidad (1990-2001) han demostrado que hay erosión costera severa en varios lugares, especialmente en Icacos-Corral Point, Quinam y Cocos South, con tasas promedio de retroceso de 1 - 2 metros por año (Ref. 52). El Instituto de Asuntos Marinos desde entonces, hace un seguimiento sistemático de los perfiles de playas en varias localidades, y se espera que esto proporcione más detalles sobre las tasas de retroceso de la costa según informes actualmente en existencia. El presente caso de estudio no ha tenido acceso a este material.

El estudio encargado por la Compañía de Petróleo de Trinidad y Tobago en 2006, utilizó la Regla de Bruun en las evaluaciones de la vulnerabilidad al aumento del nivel del mar y las marejadas ciclónicas en la costa oeste de Trinidad y encontró que se perderían considerables áreas a la erosión.

Para determinar las respuestas de manejo adecuadas a la erosión, se requiere un análisis de la erosión actual y potencial del litoral contra las actividades de desarrollo planificadas y existentes en la costa. Se recomienda llevar a cabo un proceso sistemático de planificación de la manejo del litoral en Trinidad para producir políticas y estrategias apropiadas para la adaptación a la erosión costera.

Un Plan de manejo del Litoral, normalmente cubre un área a lo largo de la costa que se describe como una célula de sedimentos. Una célula de sedimentos es una sección de la costa en la cual los procesos físicos son relativamente independientes de los procesos que operan en células de sedimentos adyacentes. El límite de una célula de sedimentos generalmente coincide con los estuarios más grandes o cabos prominentes.

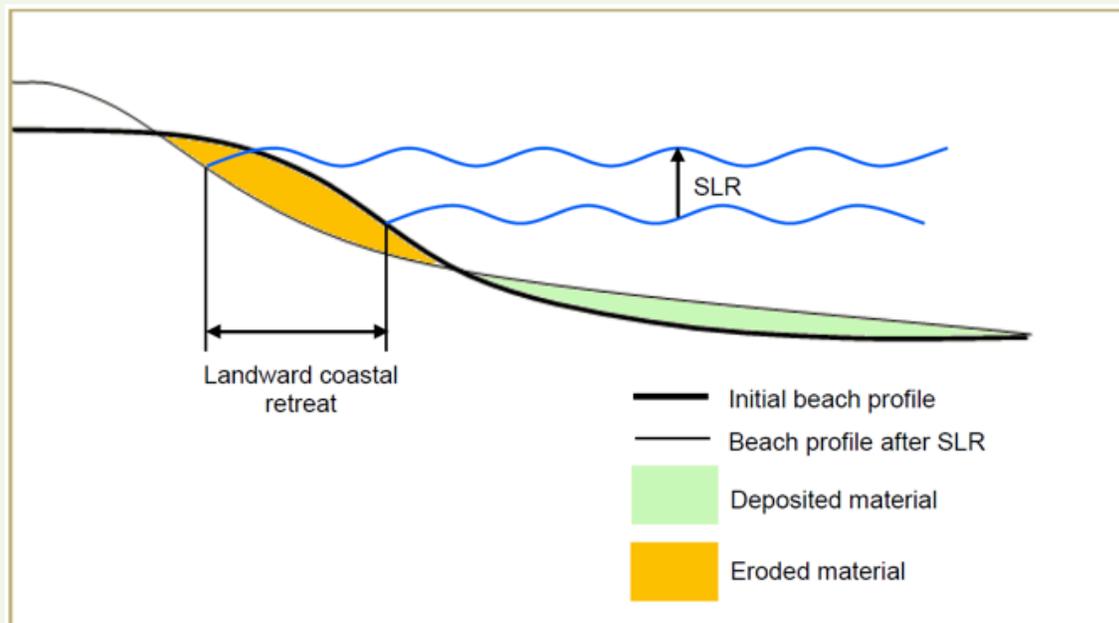
El Anexo C provee un planteamiento detallado sobre la planificación de un plan de manejo, el cual también contiene un esbozo del contenido en el plan de manejo del Litoral.

Cuadro de Texto B: Retroceso de la línea de la costa debido al Ascenso del Nivel del Mar – La Regla Bruun

La erosión es un proceso donde el sedimento es alejado de la costa debido a la acción de las olas y la corriente. El aumento del nivel del mar provoca que se transporte el sedimento costa afuera.

Un modelo ampliamente aplicado para describir el retroceso del litoral causado por la subida del nivel del mar, fue ofrecido por Bruun en 1962. Dependiendo de una vertiente de un perfil de playa, la “Regla Bruun” sugiere un retroceso de 50 a 100 veces el aumento relativo del nivel del mar y esto se debe al deseo de la playa por mantener el equilibrio del perfil de playa. El perfil de equilibrio de playa se mantiene mediante la remoción de los sedimentos del litoral los cuales son posteriormente depositados costa afuera. (Ref. 23).

Figura 5.8 Modelo simplificado de retroceso costero tierra adentro bajo un SLR (basado en la Regla Bruun). Fuente: (Ref. 23)–en inglés–.



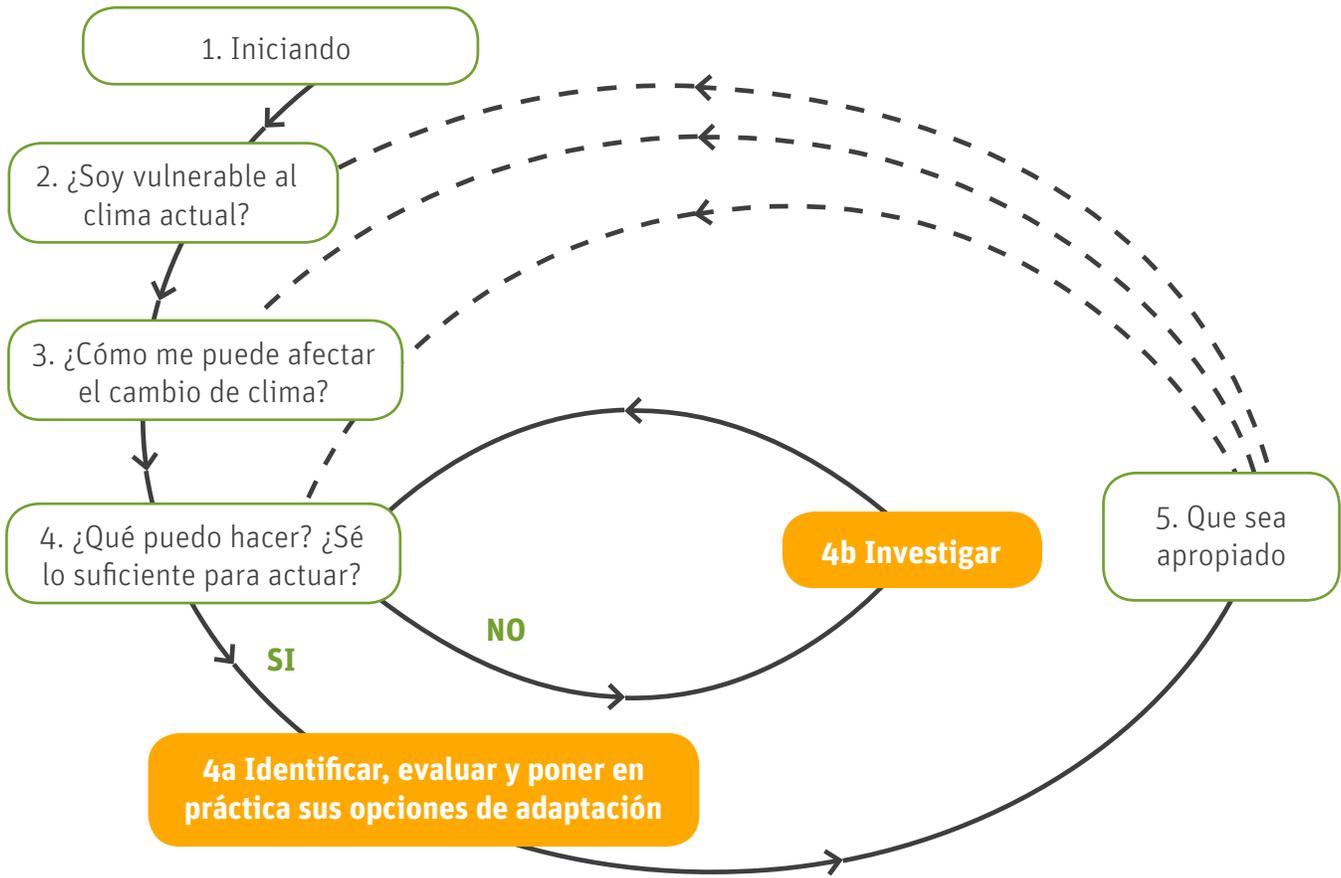
Una playa de arena con una pendiente de perfil costero activo de s (normalmente $s = 1/50$ a $1/100$) expuesta al aumento del nivel del mar de: h_{SLR} experimentará un retroceso costero $R = \frac{h_{SLR}}{s}$ (Regla Bruun). Por lo tanto, un perfil costero con una pendiente $s = \frac{1}{100}$ expuesta a un aumento del nivel del mar de 1 m experimentará un retroceso del litoral de 100 m.

6 El Proceso de Adaptación

Las medidas para la adaptación a los cambios inducidos por el clima en los recursos hídricos, inundaciones/drenaje o asuntos de protección costera, por naturaleza no difieren de los ya conocidos, ya que tratan con las variaciones climáticas históricas. Pero a los desafíos del cambio climático se le superponen todas las demás incertidumbres. Por otro lado, el diseño para el cambio climático a menudo no puede hacerse mediante el uso de los registros históricos de las precipitaciones y la escorrentía, ya que el cambio climático puede estar asociado con eventos de lluvia más intensivos o con respuestas cambiantes de las cuencas de captación por la precipitación pluvial. Por lo tanto, usualmente no sería suficiente fundamentar la planificación solo con los registros históricos.

El Programa de Impacto Climático del Reino Unido sugiere un enfoque gradual pero cíclico, de planificación de la adaptación, según se indica en la Figura 6-1. Para evitar el estancamiento del proceso, es importante identificar en una etapa temprana, escenarios de ganar-ganar y de no-arrepentimiento, es decir, escenarios que beneficiarán el sistema de otras maneras, y no sólo en la adaptación climática, y escenarios que serían beneficiosos independientemente de cómo el clima realmente se desarrolle. Por lo tanto, las medidas de adaptación descritas a continuación, en la Figura 6.1, se centrarán en estudios con miras a reducir la incertidumbre, y en escenarios ganar-ganar (win-win) y de no-arrepentimiento (no-regret).

Figura 6.1 Asistente de Adaptación UKCIP v 2.0. UKCIP, Oxford (UKCIP, 2008).



6.1 Medidas de Adaptación

Se han identificado medidas generales de adaptación al aumento del nivel del mar, relacionadas con mejoras al apoyo de la toma de decisiones y los procesos de reforma.

Con respecto a las cuatro áreas de preocupación abordadas en este caso de estudio, las medidas de adaptación de especial relevancia se han enumerado individualmente bajo títulos separados a continuación. Algunas de estas son medidas globales, anteriormente enunciadas en las medidas generales.

6.1.1 Medidas Generales

Apoyo a las Decisiones

Las decisiones de desarrollo gerencial en entornos complejos como lo es el caso de la zona costera de Trinidad, requiere tener una base sólida de información que permita analizar a través de muchas dimensiones cruzadas, incluyendo el factor socioeconómico, la economía, recursos naturales, los usos de la tierra, y por supuesto el clima. Las medidas de adaptación al cambio climático en general, y en este caso las medidas de adaptación al aumento del nivel del mar, deben definirse basados en los análisis que abarcan estas dimensiones. Por lo tanto, una medida de adaptación importante es asegurarse de tener una base de información sólida continuamente disponible, como apoyo a las decisiones en la planificación, y que el seguimiento sistemático se haga para mantener la base de información actualizada y que los mecanismos existentes aseguren el acceso compartido a la información y la difusión sistemática de la información sobre la situación de la gestión a través de informes del estado:

- Sistema de Manejo de la Información (IMS siglas en inglés)
- Monitoreo que satisface los requerimientos del IMS
- Informe del Estado/Intercambio de Información

Temas importantes para el apoyo de decisiones vis-à-vis el ascenso del nivel del mar son la cartografía de la vulnerabilidad y el riesgo relacionado con la erosión y la inundación.

Planificación

La planificación tradicional del sector ha estado a la altura para hacer frente a la compleja situación de desarrollo en las zonas costeras, lo que ha contribuido a los usos de la tierra no sustentables, y es reconocida la necesidad de enfoques más integrados para la gestión del desarrollo. Estos enfoques han madurado a nivel internacional en las últimas décadas, y son aceptados cada vez más por la comunidad internacional, y considerados especialmente adecuados para hacer frente a los desafíos contra el cambio climático.

- Manejo Integrado de las Zonas Costeras
- Manejo Integrado de los Recursos Hídricos

Hay un requerimiento particular para abordar el entorno dinámico donde la tierra se une al mar, y no menos importante en una situación donde el nivel del mar ejerce presión para mover esta área tierra adentro. Se requiere de un estudio sistemático del litoral y las fuerzas que lo conforman, para desarrollar políticas y estrategias sobre el uso de la tierra a lo largo de línea costera. Por lo tanto, una medida de adaptación importante es proceder a un estudio amplio de manejo integral de la costa que provea información para ser utilizada en la toma de decisiones para el uso de la tierra, es decir, la planificación física. Las entregas clave incluyen, cartografiar la vulnerabilidad y los riesgos para guiar el uso de la tierra y la planificación de contingencias.

- Planificación del Manejo del Litoral

La ordenación del territorio es un instrumento poderoso para dar orientación estratégica sobre las adaptaciones de las grandes infraestructuras y la ubicación de las principales instalaciones, y para articular la estrategia para el desarrollo urbano. El plan de desarrollo espacial y la estrategia espacial de guía son, por lo tanto, importantes puntos de partida para la integración de medidas de adaptación al cambio climático en la planificación nacional. En el contexto del aumento del nivel del mar, la vulnerabilidad y la cartografía de riesgos vis-à-vis, la erosión y la inundación, se convierten en temas importantes en los análisis espaciales. Los planes de ordenamiento espacial necesitan ir acompañados por las direcciones y/o directrices para las evaluaciones de impacto ambiental relativas al desarrollo de las zonas vulnerables, para garantizar que las medidas de mitigación del cambio climático se incorporen en el plan y diseño del proyecto y su implementación.

- Planificación del Uso de la Tierra (Espacial)

La cartografía/mapeo de riesgos identificará áreas donde los asentamientos y las actividades económicas se mantienen en áreas vulnerables, y la planificación del manejo del litoral y de ordenación del territorio servirá de guía y orientación para el desarrollo en estas áreas, incluyendo medidas para mitigar los riesgos identificados. Un elemento importante para abordar los riesgos, será establecer planes de contingencia con estrategias de respuesta a eventos extremos, como las tormentas y las marejadas ciclónicas asociadas, donde las medidas de protección no podrán evitar el impacto directo sobre la propiedad y las personas. Tales respuestas pueden incluir sistemas de alerta temprana y estrategias de evasión (refugios, evacuación).

- Planes de Contingencia

6.1.2 Medidas de Adaptación para Mejorar el Drenaje de Puerto España

El entendimiento pleno de los problemas de inundación en Puerto España, en la actualidad y en el futuro, requiere de un enfoque integral, similar al aplicado en el Estudio del Dr. Millette en 1981. Sin embargo, esto debe modernizarse mediante el uso de herramientas analíticas modernas (modelos digitales del terreno (DTMs siglas en inglés), imágenes satelitales y aéreas, SIG, modelos de simulación dinámica, etc.) y la incorporación de los impactos del cambio climático, incluyendo el ascenso del nivel del mar.

Tal estudio integral, junto con la remediación urgente de los problemas locales agudos, debería ser la primera tarea de las grandes inversiones en el sector de drenaje pluvial, reiteradamente anunciadas por los líderes políticos de la ciudad. Si se lleva a cabo adecuadamente, el estudio aseguraría soluciones correctas y económicamente eficientes.

Un esbozo del estudio podría ser:

1. Extensión geográfica: el estudio debe incluir toda el área de contribución de las cuencas de captación, urbanas y rurales, para los cursos naturales de agua que drenan a través de la ciudad de Puerto España.

2. Estudio Hidrológico:
 - a) Uso de la tierra en el presente y a futuro, mediante la recopilación de información de documentos de planificación urbana, e imágenes satelitales y áreas.
 - b) Revisión del sistema y la propuesta existente para la expansión de la red hidrométrica (estaciones de aforo de la lluvia, el radar de precipitación pluvial de área local, medidores de flujo en los ríos principales).
 - c) Revisión y análisis a largo plazo de los registros históricos de precipitación pluvial y estadísticas de precipitaciones.
 - d) Establecer un modelo hidrológico cuencas de captación de contribución, incluyendo calibración contra observaciones históricas. De ser necesario, la campaña de seguimiento debe ser planificada y llevada a cabo para proporcionar el conjunto necesario de datos.
3. Estudio de los impactos del cambio climático sobre el sistema de drenaje de aguas pluviales para el período hasta el año 2100.
 - e) Análisis de los impactos del cambio climático sobre las precipitaciones extremas, es decir, aumento de las intensidades pico y frecuencias.
 - f) Análisis de las proyecciones del aumento promedio del nivel del mar promedio, y de las marejadas ciclónicas.
4. Desarrollo de una base de datos SIG de los cauces naturales de agua y la infraestructura de drenaje pluvial. La base de datos se sustentará en las bases de datos existentes de los cauces naturales de agua y la infraestructura de drenaje relacionada, en Trinidad y Tobago.
5. Desarrollo de un modelo de simulación integrado de drenaje, incluyendo las cuencas de captación contribuyentes, cursos naturales de agua, drenajes abiertos y por tubería, y alcantarillas, estanques, cuencas de retención, estaciones de bombeo y salidas al mar abierto. El modelo debería capturar los elementos funcionales esenciales del sistema con suficiente precisión para que sea representativo de la funcionalidad real del sistema.
6. Simulación de diversos escenarios de desarrollo bajo las condiciones hidrológicas y oceanográficas futuras, es decir, incluyendo el cambio climático previsto.
7. Identificación del área bajo riesgo de inundaciones, y el desarrollo de posibles medidas estructurales de adaptación, tales como, estanques de detención, nuevos drenajes, trampas de sedimentos, bastidores de basura, medidas de control de la erosión, etc., así como una serie de medidas “suaves” adecuadas, con miras a una mayor resiliencia a las inundaciones.
8. Desarrollo de una solución integral a largo plazo.
9. Verificación de la eficiencia de la solución mediante el modelo de simulación.

6.1.3 Medidas para Prevenir la Salinización de los Acuíferos Costeros

Se han identificado las siguientes medidas para prevenir la salinización de los acuíferos costeros proveniente del ascenso del nivel del mar:

1. *Evaluar la capacidad actual y futura de los acuíferos costeros.* Establecer y calibrar los modelos detallados de aguas subterráneas con capacidad para flujo por gravedad e integrados con modelos hidrológicos físicamente distribuidos. Este último, debe ser capaz de simular de forma dinámica, tanto la recarga actual del acuífero, y los efectos sobre dicha recarga de los cambios en los patrones de precipitación y temperatura. La intrusión de salinidad en los estuarios de los ríos al sur de Puerto España será esencial para proporcionar límites aguas abajo plausibles para los campos de pozos importantes en El Socorro.
2. *Evaluar la demanda de agua presente y a futuro.*
3. *Analizar los escenarios de bombeo.* Analizar a través de modelos matemáticos, varios escenarios de bombeo para prevenir o aliviar la intrusión de salinidad, es decir:
 - a. Barreras de inyección de agua dulce a través de (pozos profundos), o la infiltración de agua dulce (aguas residuales purificadas) cerca de la línea costera. Esto ya se aplica en Israel, Long Island y en Los Angeles;
 - b. La extracción de la solución salina y el agua subterránea salobre. La creación de un gradiente hacia el exterior en el acuífero de tierra adentro. Esto podría ser combinado con la desalinización del agua salobre bombeada;
 - c. Modificar las prácticas de bombeo a través de la reducción de las tasas de extracción o la adecuada reubicación de los pozos de extracción;
 - d. Aumentar la recarga (artificial) en las zonas de montaña, para ampliar el flujo de salida de agua dulce subterránea a través del acuífero costero;
 - e. Considerar la prevención de la intrusión de salinidad en los estuarios y los humedales, mediante diques hacia el mar y el bombeo o drenaje por mareas de las aguas de los ríos.
4. *Revisar y mejorar el programa de monitoreo de los acuíferos costeros.* Un monitoreo cuidadoso y almacenamiento de alturas piezométricas, tasas de bombeo y la calidad del agua; y el almacenamiento de estos números para las perforaciones individuales en una base de datos. Un análisis actual de los datos recopilados.
5. *Escenarios de Pruebas de Bombeo.* Pruebas de bombeo de las estrategias más prometedoras bajo el Punto 2.
6. Investigar alternativas de abastecimiento de agua. Evaluar la viabilidad técnica y económica para utilizar fuentes alternativas de abastecimiento de agua, las aguas superficiales, la recolección de agua de lluvia, la desalinización. Hay que tener en cuenta que los recursos hídricos superficiales también pueden llegar a ser más escasos como consecuencia del cambio climático (Ref. Anexo A).

7. Manejo del agua. El agua no contabilizada parece bastante alta en Trinidad (44%), a través de la medición y el arreglo de fugas se podría lograr un ahorro significativo en el suministro de agua cruda.
8. Preparar un Plan de Gestión de Suministro de Agua. Preparar un plan para la gestión sostenible del abastecimiento de agua de la ciudad basado sobre un uso sostenible de los acuíferos y los demás recursos hídricos. Esto, en estrecha coordinación con otros planes de IWRM y ICZM para el país.

6.1.4 Medidas de Adaptación a las Inundaciones de las Zonas Costeras Bajas

El tratamiento del riesgo de inundaciones en las zonas bajas requiere de análisis espaciales basados en escenarios creíbles para el aumento relativo del nivel del mar y las marejadas ciclónicas por un lado, y por el otro, en información detallada en varias dimensiones, incluyendo la topografía, la meteorología, la tierra y los usos del agua, la socio-economía, los recursos naturales, la demografía y mucho más. Las medidas de adaptación identificadas en este contexto están orientadas fundamentalmente a servir de base de apoyo de decisiones, ya que es un requisito previo para la aplicación de los análisis espaciales necesarios para determinar la vulnerabilidad a las inundaciones en las zonas costeras.

Se han identificado las siguientes medidas de adaptación:

1. Establecer un Modelo de Elevación Digital detallado (DEM siglas en inglés) para las zonas costeras. Los DEM de curso aplicados en el caso de estudio y en otras evaluaciones sólo han sido útiles para demostrar los enfoques y proporcionar indicaciones de vulnerabilidades de inundación al aumento del nivel del mar. Se requiere un modelo más detallado de elevación filtrando la vegetación y con una resolución más alta, en el cual es necesario diferenciar los edificios y las áreas de superficie adyacentes. La resolución requerida variaría de lugar en función de las características topográficas naturales y artificiales. El DEM debe integrarse con una planificación de SIG del territorio.
2. Cuantificación de la contribución al aumento relativo del nivel del mar debido a los movimientos terrestres verticales. Las acciones a realizar para determinar el impacto de la tectónica en los movimientos verticales de tierras en diferentes puntos a lo largo de la costa. Las acciones a realizar para determinar el impacto de las actividades de desarrollo y las actividades humanas sobre la subsidencia a lo largo de la costa.
3. Realizar un estudio de ciclones para evaluar la frecuencia de las tormentas tropicales y los ciclones y las marejadas asociadas a éstos. Se deben hacer esfuerzos para establecer los niveles históricos de agua extremos a lo largo de la costa del país.
4. Desarrollar evaluaciones de vulnerabilidad a inundaciones como temas que pueden interactuar con los análisis espaciales que apoyan la planificación del desarrollo espacial.
5. Integrar el cambio climático (incluyendo el ascenso del nivel del mar) en la Planificación Nacional del Desarrollo Espacial. La Estrategia Nacional de Desarrollo Espacial necesita incorporar las vulnerabilidades al cambio climático en general y al aumento del nivel del mar, para asegurar que la orientación estratégica incorpore debidamente la resiliencia al cambio climático en las adaptaciones de las grandes infraestructuras, la ubicación de las principales instalaciones, y en la estrategia nacional de desarrollo urbano.

- Participar en los procesos de reforma a largo plazo dirigidos al desarrollo sostenible resiliente al clima a través del Manejo Integrado de los Recursos Costeros e Hídricos.

6.1.5 Erosión Del Litoral

Abordar la erosión a lo largo de la costa de Trinidad requiere de un examen sistemático de los procesos del litoral, incluyendo los aumentos del nivel del mar y el análisis de éstos en relación a los usos de la tierra existentes y previstos para las zonas detrás de la línea de la costa.

Las siguientes medidas de adaptación han sido identificadas:

- Cartografiar/Mapear y describir las células y sub-células de sedimentos a lo largo de la costa como base para determinar los límites de las áreas de Planificación de Gestión de la Línea Costera e identificar las áreas vulnerables para una planificación detallada de la gestión del litoral. A continuación, en el Anexo C, se provee información adicional sobre la delimitación de células de sedimentos.
- Evaluación de la vulnerabilidad a través del Estudio de Gestión de la Línea de la Costa y el Plan. Identificar y cuantificar la erosión/acreción a lo largo del litoral y convertirlo en políticas de manejo y estrategias tomando en cuenta el aumento proyectado del nivel del mar. En el Anexo C se ilustran detalles adicionales sobre la Planificación de Gestión de la Línea de la Costa.
- Incluir el manejo de la planificación del litoral en el uso de la tierra/planificación local.

6.2 Matrices de Analisis de Opciones

Las medidas de adaptación señaladas anteriormente, se han incluido en las matrices de evaluación (Tabla 6-1, página 57) y se sometieron a una evaluación inicial sobre la base de conocimientos generales y de las condiciones específicas del sitio. Esta es una evaluación cualitativa, donde cada medida es evaluada en forma narrativa según los siguientes criterios:

Ganar/ Ganar (Win/win)⁸. ¿Tiene la medida de adaptación un impacto positivo en otros retos de manejo u oportunidades?

Arrepentimiento/No-arrepentimiento (Regret/No Regret)⁹. ¿Es la medida de adaptación beneficiosa sin impacto en el cambio climático? El caso actual se centra en el ascenso del nivel del mar, lo cual es un impacto en el cambio climático que se reconoce que continuará en el futuro previsible, incluso más allá del 2100.

⁸ Donde todo el mundo tiene una ventaja - en este caso: las iniciativas que benefician en más de un aspecto/grupo de interés.

⁹ Soluciones sin arrepentimiento' son aquellas que son factibles y beneficiosas incluso si el clima no cambia según lo esperado (o no cambia en absoluto, en beneficio de). Son atractivos en un contexto donde se requiere una acción, pero en función de recursos financieros incompletos y la incertidumbre de exactamente cómo el clima va a cambiar en los tiempos por venir.

Flexibilidad. Es la medida de adaptación receptiva a los ajustes de acuerdo con los nuevos conocimientos? Las predicciones de los impactos del cambio climático se asocian en la actualidad con un alto grado de incertidumbre y los nuevos conocimientos e información pueden requerir de un ajuste o de diferentes medidas de adaptación.

Resiliencia¹⁰. ¿Las medidas de adaptación fortalecen el sistema de manejo para responder a los impactos del cambio climático?

Urgencia. ¿Cómo se vería afectada la aplicación de la medida de adaptación si se retrasa? El aumento del nivel del mar per se no es un evento catastrófico, sino que se desarrolla gradualmente. Sin embargo, debido a que el impacto puede influir en las decisiones y/o estructuras con una larga vida útil (horizontes de planificación), la falta de acciones, podría con el tiempo, tener enormes implicaciones en las opciones de adaptación y los costos.

Aceptación Política. ¿Requiere la medida de adaptación de una concienciación y sensibilización del proceso político o ya ha sido abordada en las políticas?

Costos. ¿Están las grandes inversiones asociadas a las medidas de adaptación?

En un intento de proporcionar una evaluación de prioridades, cada evaluación narrativa ha sido traducida a puntuaciones que van de “+ + +” para la mejor puntuación positiva, a través de “0” como neutral, en “- - -” como la peor puntuación. Puntajes positivos y negativos se añaden por separado permitiendo la siguiente clasificación de las medidas de aplicación:

Puntuación positiva alta = alta prioridad de ejecución

Puntuación negativa alta = un alto nivel de controversia, alto costo o medida de otro modo problemática.

En las matrices, las medidas de adaptación se han clasificado de acuerdo con el nivel de un resultado positivo. La puntuación negativa, de haberla, para una medida de adaptación específica, hace hincapié en que se debe realizar una planificación y diseño cuidadosos, buscando específicamente minimizar estos aspectos negativos antes de su implementación.

Las medidas evaluadas actualmente, los criterios de evaluación y los puntajes reales pueden estar incompletos y no siempre son representativos de la situación actual de una manera totalmente objetiva. Por lo tanto, las matrices de evaluación deben ser actualizadas y/o ampliadas adecuadamente mediante la participación interactiva de las partes interesadas locales.

¹⁰ Resiliencia al cambio climático es la capacidad de soportar una presión relacionada con el clima, o recuperarse de un evento adverso relacionado con el clima. La resiliencia al cambio climático es un importante objetivo de desarrollo transversal en un contexto de alta vulnerabilidad y de continua exposición a las presiones y eventos relacionados con el clima.

Tabla 6.1 Matriz de Evaluación – No Hacer Nada

ID	Medida de Adaptación	Ganar/ganar	Arrepentimiento/ No arrepentimiento	Flexible	Resiliencia Alta	Urgencia	Aceptación Política	Costos	Puntaje	Valor
No accion										
00		--- No hay ganancia. Los niveles del mar subirán y causaran pérdidas si no se abordan	--- Las medidas de adaptación requieren tiempo - tanto el aceleramiento como las alternativas son costosas	--- No abordar los requisitos de planificación hará las soluciones posteriores menos flexibles	--- No resiliencia vis-à-vis aumento del nivel del mar. No tomar acción incrementaría la vulnerabilidad.	0	--- La adaptación al cambio climático ya está incluida en la agenda política, incluida la adaptación a la subida del nivel del mar	--- No abordar los impactos potenciales del aumento del nivel del mar aumentara los costos para la adaptación en una fecha más tardía.	00+/18-	

Tabla 6.2 Matriz de Evaluación – Medidas de Apoyo a las Decisiones

ID	Medida de Adaptación	Ganar/ganar	Arrepentimiento/ No-arrepentimiento	Flexible	Resiliencia Alta	Urgencia	Aceptación Política	Costos	Puntaje	Valor
Medidas de Apoyo a las Decisiones										
01	Manejo de Información Sistema de manejo de información coordinado y compartido (IMS) utilizando GIS para datos georeferenciados. Permite el análisis a través de diferentes temas necesarios para respuestas de adaptación coordinadas.	+++ El acceso de información actualizado y compartido establece una referencia común en toda toma de decisiones.	+++ Toda gestión se beneficiará de la información actualizada y estructurada, con o sin cambio climático	++ La gestión de información estructurada y compartida da pie a revisiones/expansiones más convenientes	++ Una base de información actualizada, ampliada, da lugar a respuestas más amplias	+++ Es urgente informar a grupos de tomadores de decisiones/ de planificadores	++/- - - Hay un reconocimiento de que la información debe ser coordinada y compartida. Podría haber oposición a la reordenación de la información. Se deben establecer políticas claras para el intercambio de datos incluyendo recuperación de los costos.	++ El sistema de la gestión de la información per se no es muy costoso. El mantenerlo y actualizarlo continuamente sería costoso, pero no necesariamente más allá de los costos actuales de adquisición de información.	17+/03-	3

ID	Medida de Adaptación	Ganar/ganar	Arrepentimiento/ No-arrepentimiento	Flexible	Resiliencia Alta	Urgencia	Aceptación Política	Costos	Puntaje	Valor
02	<p>Monitoreo</p> <p>Se debe implementar un sistema de monitoreo para asegurar que el manejo de la información está basado en lineamientos actualizados. Un monitoreo que satisfaga los requisitos definidos en el IMS compartido.</p>	<p>+++</p> <p>Apoyará el proceso de toma de decisiones</p>	<p>+++</p> <p>La Gestión se beneficiará de la información estructurada/ actualizada con o sin cambio climático</p>	<p>+++</p> <p>La información continuamente actualizada y las tendencias en los indicadores refuerzan el apoyo a las decisiones y afina la base de respuesta. El IMS compartido permite revisiones/ adiciones rápidas y acordadas sobre la cobertura del monitoreo</p>	<p>++</p> <p>Una base de información actualizada, ampliada, da lugar a respuestas más amplias</p>	<p>+++</p> <p>Es urgente proveer una gestión más informada</p>	<p>+++ / -</p> <p>Un monitoreo estructural racionalizado fortalecerá la toma de decisiones. Puede surgir resistencia a la reordenación de las responsabilidades.</p>	<p>+ / - -</p> <p>Posibles ahorros mediante la racionalización de los esfuerzos. Podría llegar a ser costoso especialmente con los nuevos parámetros más densos y más frecuentes de adquisición.</p>	18+/03-	1

ID	Medida de Adaptación	Ganar/ganar	Arrepentimiento/ No-arrepentimiento	Flexible	Resiliencia Alta	Urgencia	Aceptación Política	Costos	Puntaje	Valor
03	Informes de Estado- Compartir Información Informes periódicos como base para la planificación y evaluación.	+++ La difusión sistemática holística de información apoyará la respuesta adecuada a la gestión	+++ Gerentes y público informados facilitan la gestión eficaz en general	+++ Flexibilidad como en IMS y el monitoreo.	++ Mayor concienciación reduce el tiempo de respuesta entre las partes interesadas.	+++ Urgente promover el estado de alerta entre los gestores y el público.	-- Aumentar la transparencia en la toma de decisiones puede exponer a los tomadores de decisiones. Son necesarias políticas claras para el intercambio de datos y establecer la recuperación de costos.	+++ Bajos costos, sobre todo si los informes son automatizados y basados en Internet.	17+/02-	2
04	Monitoreo del nivel del mar Es necesario prestar especial atención a validar la intervención de la Gestión y como base para la planificación continua.	++ Proporciona una mejor base para la planificación y control del desarrollo. Mejora las evaluaciones de riesgos.	+++ Los niveles del mar también están cambiando debido a los fenómenos no climáticos locales y su evolución ser observada.	++ Proporciona bases de información para estrategias más diversas de uso de la tierra con capacidad de acomodar diferentes tiempos de vida de proyectos.	+ Proporciona bases de información para estrategias más diversas de uso de la tierra con capacidad de acomodar diferentes tiempos de vida de proyectos.	+ Urgente para ayudar en futuras decisiones de gestión.	+++ Políticamente aceptable	++ Bajos costos aunque las diferencias locales en el aumento del nivel del mar pueden requerir muchos sitios de monitoreo.	14+/00-	4

ID	Medida de Adaptación	Ganar/ganar	Arrepentimiento/ No-arrepentimiento	Flexible	Resiliencia Alta	Urgencia	Aceptación Política	Costos	Puntaje	Valor
05	Mejorar el detalle espacial y reducir las incertidumbres en las evaluaciones del cambio climático y del aumento del nivel del mar en Trinidad y Tobago	++ Proporciona una mejor base para la planificación del desarrollo. Mejora la evaluación de riesgos	++ No-arrepentimiento	++ Proporciona una mejor base para la toma de decisiones	0 No aumentará la resiliencia por sí solo	+++ Urgente para ayudar en futuras decisiones de gestión.	++ Políticamente aceptable	++ Bajos costos	13+/00-	5

Tabla 6.3 Matriz de Evaluación – Medidas de Planificación

ID	Medida de Adaptación	Ganar/ganar	Arrepentimiento/ No-arrepentimiento	Flexible	Resiliencia Alta	Urgencia	Aceptación Política	Costos	Puntaje	Valor
Medidas de Planificación										
06	Manejo Integrado de Zonas Costeras (ICZM) La reforma institucional dirigida a la gestión sostenible de las zonas costeras mediante una mejor coordinación e integración	+++ ICZM es un instrumento importante para tratar la presión del desarrollo en las zonas costeras.	+++ No-arrepentimiento ya que ICZM aborda otros problemas de desarrollo distintos a los impuestos por el cambio climático.	+++ ICZM está apuntando a una mejor coordinación entre los tomadores de decisiones y la integración de las partes interesadas para reducir la rigidez de la gestión del sector tradicional.	+++ El manejo coordinado mejorará la resiliencia	+++ Urgente ya que las reformas institucionales toman tiempo	++/- ICZM ha establecido un comité para desarrollar políticas. Podría encontrar oposición a nivel institucional	++/- Bajos costos para planificar reformas institucionales. Los procesos de reforma pueden ser costosos.	19+/05-	1

ID	Medida de Adaptación	Ganar/ganar	Arrepentimiento/ No-arrepentimiento	Flexible	Resiliencia Alta	Urgencia	Aceptación Política	Costos	Puntaje	Valor
07	<p>Manejo Integrado de los Recursos Hídricos (IWRM)</p> <p>La reforma institucional dirigida a la gestión sostenible de los recursos hídricos a través de una mejor coordinación e integración.</p>	<p>+++</p> <p>IWRM es un enfoque importante para abordar la presión del desarrollo en las cuencas</p>	<p>+++</p> <p>No-arrepentimiento ya que IWRM aborda otros problemas de desarrollo que las impuestos por el cambio climático.</p>	<p>+++</p> <p>IWRM está apuntando a una mejor coordinación entre los tomadores de decisiones y la integración de las partes interesadas para bajar la rigidez en la gestión del sector tradicional.</p>	<p>+++</p> <p>El manejo coordinado mejorará la resiliencia</p>	<p>+++</p> <p>Urgente ya que las reformas institucionales toman tiempo</p>	<p>++ / ---</p> <p>Política de IWRM aprobada por el Gobierno. La planificación y ejecución pueden encontrar oposición a nivel institucional</p>	<p>++ / --</p> <p>Bajos costos para planificar reformas institucionales. Los procesos de reforma pueden ser costosos.</p>	19+/05-	1
08	<p>Planificación del Manejo del Litoral</p> <p>Políticas de uso de la tierra en el litoral basadas en la evaluación sistemática del litoral y vulnerabilidades cerca del litoral.</p>	<p>+++</p> <p>Se requiere planificación de la gestión del litoral para hacer frente a los efectos del mar sobre las costas y cerca de las tierras costeras.</p>	<p>+++</p> <p>Se requiere planificación de la gestión del litoral para hacer frente a los efectos del mar sobre las costas y cerca de las tierras costeras.</p>	<p>+</p> <p>Cierta flexibilidad en la prestación de las opciones estratégicas.</p>	<p>++</p> <p>El manejo coordinado mejorará la resiliencia al proporcionar opciones estratégicas para la ordenación del territorio.</p>	<p>+++</p> <p>Urgente informar la planificación en general en particular la planificación del uso del suelo</p>	<p>++ / --</p> <p>Conciencia política sobre los requisitos para la planificación litoral. Pueden encontrar oposición en el sector institucional y privado.</p>	<p>+ / --</p> <p>Costoso para evaluar sistemáticamente la vulnerabilidad a lo largo de la costa (estudios y modelos). El plan en sí no es tan costoso.</p>	15+/04-	3

ID	Medida de Adaptación	Ganar/ganar	Arrepentimiento/ No-arrepentimiento	Flexible	Resiliencia Alta	Urgencia	Aceptación Política	Costos	Puntaje	Valor
09	Planificación Espacial Integrada Estructura actualizada, planes regionales y locales que aborden la vulnerabilidad al cambio climático y el aumento del nivel del mar.	+++ Un requisito previo para la planificación y control del desarrollo	+++ No-arrepentimiento, ya que se requiere con urgencia en retos complejos de gestión de las zonas costeras.	+ Flexibilidad incorporada si se adhiere a la planificación cíclica.	+ La planificación espacial sistemática y cíclica puede tener medidas resilientes incorporadas.	+++ Urgente controlar el desarrollo integral a lo largo de la costa y para minimizar los impactos del nivel del mar en las inversiones con tiempos de vida altos	+++/- El Gobierno ha iniciado la revisión del Plan Nacional de Desarrollo Físico de 1984. Las medidas de adaptación (de reasentamiento, reubicación) podrían encontrar oposición	+ / - - - Implementación de un plan actualizado puede implicar medidas costosas en el tiempo (protección, reubicación). Retardo en la planificación puede aumentar los costos.	15+/05-	4
10	Plan de Contingencia Responder a los riesgos asociados con los usos del suelo en las zonas vulnerables a la variabilidad climática, el cambio y el aumento del nivel del mar.	++ Proporciona respuestas a las vulnerabilidades asociadas a la variabilidad del clima.	+++ Proporciona respuestas a las vulnerabilidades asociadas a la variabilidad del clima.	+++ Aumenta la flexibilidad de adaptación mediante la definición de los usos del suelo aceptables en zonas vulnerables y acciones de contingencia para tales usos.	+ Alguna resiliencia proporcionada por la definición de uso aceptable de tierras en áreas vulnerables	+ Urgente abordar los impactos ya experimentados (inundaciones) y aumentar la preparación para los impactos esperados.	+++ Políticamente aceptable como lo sería definir y proteger los usos aceptables de la tierra en áreas vulnerables.	++ No es costoso	15+/00-	2

ID	Medida de Adaptación	Ganar/ganar	Arrepentimiento/ No-arrepentimiento	Flexible	Resiliencia Alta	Urgencia	Aceptación Política	Costos	Puntaje	Valor
Medidas de Inundación en Puerto España										
11	Estudio integral de las condiciones de drenaje presentes y futuras, incluyendo sub-tareas secuenciales.	++ Esto beneficiaría tanto las condiciones de drenaje presentes y futuras y la planificación urbana en general	+++ No-arrepentimiento	+++ Muy flexible y requisito previo para introducir flexibilidad en la planificación	+ Alguna resiliencia, mejorar el conocimiento del sistema actual, mejoraría la posibilidad de restauración después del daño	+++ Muy urgente pues se están experimentando problemas en la actualidad	+++ Políticamente aceptable	+++ Requisito previo barato, para la inversión óptima en la planificación	18+/0-	Sin valor

Tabla 6.4 Matriz de Evaluación – Medidas de intrusión de la salinidad

ID	Medida de Adaptación	Ganar/ganar	Arrepentimiento/ No-arrepentimiento	Flexible	Resiliencia Alta	Urgencia	Aceptación Política	Costos	Puntaje	Valor
Medidas de Intrusión de la Salinidad										
12	Evaluar la capacidad presente y futura de los acuíferos costeros	++ Beneficiarse tanto del manejo de los acuíferos y el abastecimiento de agua en general	+++ No-arrepentimiento	+++ Mantiene todas las puertas abiertas	0 No crea resiliencia per se	+++ Es urgente conocer los límites y desarrollar herramientas	+++ Muy aceptable	+++ Bajos Costos	17+/0-	3
13	Evaluar la demanda de agua presente y futura	+++ Beneficiarse tanto del manejo de los acuíferos y el abastecimiento de agua en general	+++ No-arrepentimiento	+++ Mantiene todas las puertas abiertas	0 No crea resiliencia per se	+++ Es urgente conocer las demandas	+++ Muy aceptable	+++ Bajos Costos	18+/0-	1
14	Analizar los escenarios de bombeo (depende del # 17)	+ Beneficiarse del manejo general del suministro de agua	+++ No-arrepentimiento	+++ Mantiene todas las puertas abiertas	+ Crea resiliencia	++ Es urgente conocer las posibilidades	+++ Muy aceptable	+++ Bajos Costos	17+/0-	4

ID	Medida de Adaptación	Ganar/ganar	Arrepentimiento/ No-arrepentimiento	Flexible	Resiliencia Alta	Urgencia	Aceptación Política	Costos	Puntaje	Valor
15	Revisar y mejorar el programa de monitoreo de los acuíferos costeros	+ Beneficiarse del manejo de bombeo con o sin cambio climático	+++ No-arrepentimiento	+++ Mantiene todas las puertas abiertas	+ Crea resiliencia	++ Es urgente conocer las posibilidades	+++ Muy aceptable	++ Más o menos los costos son Bajos	16+/0-	5
16	Escenarios de Pruebas de Bombeo	+ Beneficiarse del manejo de bombeo con o sin cambio climático	++ No-arrepentimiento	+++ Mantiene todas las puertas abiertas	++ Crea resiliencia	++	++/- Aceptable Pero puede tener implicaciones temporales para los usuarios existentes	++ Más o menos los costos son Bajos	15+/2-	6
17	Investigar las alternativas para el Suministro de agua	+++ Beneficiar tanto el manejo de los acuíferos como el abastecimiento de agua en general	+++ No-arrepentimiento	++ Mantiene todas las puertas abiertas	++ Crea resiliencia	++ Es urgente conocer las posibilidades	+++ Muy aceptable	+++ Bajos Costos	18+/0-	2
18	Manejo de la demanda de agua	+++ Esto beneficiará tanto la presión sobre el acuífero y el sistema de tratamiento y distribución en general	+++ No-arrepentimiento	++ El ahorro de agua no descarta la aplicación de otras medidas.	++ Crea resiliencia mediante la reducción de la dependencia en los acuíferos.	++ Urgente para iniciar un proceso que lleva tiempo poder implementar	-- Puede implicar costos para el sector privado y puede encontrar oposición	+ Arreglar fugas en la distribución puede ser costoso y ahorrar agua en los hogares puede costar dinero a la población	13+/2-	7

Tabla 6.5 Matriz de Evaluación – Medidas de Inundación

ID	Medida de Adaptación	Ganar/ganar	Arrepentimiento/ No-arrepentimiento	Flexible	Resiliencia Alta	Urgencia	Aceptación Política	Costos	Puntaje	Valor
Medidas de Inundación										
19	Establecer un Modelo de Elevación Digital DEM para las áreas costeras y poner a la disposición para SIG de planificación espacial	+++ Tema importante para la planificación en general	No-arrepentimiento	+++ Mantiene todas las puertas abiertas	0 No crea resiliencia por si misma	+++ Urgente informar a la planificación en y en particular a la planificación del uso de la tierra	+++ Muy aceptable	+++ Bajos costos	18+/0-	1
20	Cuantificación de la contribución al aumento relativo del nivel del mar debido a los movimientos terrestres verticales.	+++ Tema importante para la planificación en general	No-arrepentimiento	+++ Mantiene todas las puertas abiertas	0 No crea resiliencia por si misma	+++ Urge llegar a proyecciones más creíbles sobre el aumento del nivel del mar	+++ Muy aceptable	Bajos costos	18+/0-	1
21	Realizar un estudio de ciclones para evaluar la frecuencia de las tormentas tropicales y los ciclones y marejadas asociadas.	+++ Tema importante para la planificación en general	No-arrepentimiento	+++ Mantiene todas las puertas abiertas	0 No crea resiliencia por si misma	+++ Urge llegar a riesgos creíbles sobre las marejadas ciclónicas	+++ Muy aceptable	Bajos costos	18+/0-	1

ID	Medida de Adaptación	Ganar/ganar	Arrepentimiento/ No-arrepentimiento	Flexible	Resiliencia Alta	Urgencia	Aceptación Política	Costos	Puntaje	Valor
22	Desarrollar evaluaciones de vulnerabilidad a inundaciones como temas que pueden interactuar en análisis espaciales para apoyar la planificación del desarrollo espacial.	+++ Tema importante para la planificación en general	No-arrepentimiento	+++ Mantiene todas las puertas abiertas	0 No crea resiliencia por si misma	+++ Urgente	+++ Muy aceptable	Bajos costos	18+/0-	1
23	Incorporación del cambio climático (incluyendo el aumento del nivel del mar) en la Planificación de Desarrollo Espacial Nacional.	+++ Un requisito previo para la planificación y control del desarrollo	+++ No-arrepentimiento, ya que se requiere con urgencia en el manejo de las zonas costeras	+ Flexibilidad incorporada si se hace una planificación cíclica.	+ La planificación espacial sistemática y cíclica puede tener medidas de resiliencia incorporadas.	+++ Urgente controlar el desarrollo integral a lo largo del litoral y minimizar los impactos del nivel del mar en las inversiones con tiempos de vida altos	+++ / -- El Gobierno ha iniciado la revisión del Plan de Desarrollo Físico Nacional de 1984. Las medidas de adaptación (de reasentamiento, reubicación) podrían encontrar oposición.	+ / --- La implementación del plan actualizado, puede involucrar medidas costosas (protección, reubicación). Retraso en la planificación incrementará costos.	15+/5-	2

ID	Medida de Adaptación	Ganar/ganar	Arrepentimiento/ No-arrepentimiento	Flexible	Resiliencia Alta	Urgencia	Aceptación Política	Costos	Puntaje	Valor
24	Participar en los procesos de reforma a largo plazo abordando un desarrollo sostenible resiliente al cambio climático a través de la Gestión Integrada de los Recursos Costeros e Hídricos.	+++ Tema importante para la planificación en general	+++ No-arrepentimiento	+ Flexibilidad incorporada si se hace una planificación cíclica	+ La planificación espacial sistemática y cíclica puede tener medidas de resiliencia incorporadas.	+++ Urgente controlar el desarrollo integral a lo largo del litoral y minimizar los impactos del nivel del mar en las inversiones con tiempos de vida altos	++/- El Comité ICZM ha sido establecido para desarrollar políticas. Podría enfrentar oposición a nivel institucional. Política IWRM aprobada por el Gobierno. Su planificación e implementación podría enfrentar oposición a nivel institucional.	++/- Bajos costos para planificar reformas institucionales. Procesos de reforma pueden ser costosos.	15+/5-	2

Tabla 6.6 Matriz de Evaluación – Medidas para la Erosión del Litoral

ID	Medida de Adaptación	Ganar/ganar	Arrepentimiento/ No-arrepentimiento	Flexible	Resiliencia Alta	Urgencia	Aceptación Política	Costos	Puntaje	Valor
Medidas para la Erosión del Litoral										
	Mapear y describir las células y sub-células de sedimentos a lo largo de la costa de Trinidad, determinar los límites en el manejo de la planificación del litoral e identificar áreas vulnerables para un manejo de la planificación del litoral	+++ Tema importante para la planificación en general	+++ No-arrepentimiento	+++ Mantiene todas las puertas abiertas	0 No crea resiliencia por si misma	+++ Urgente informar a la planificación en y en particular a la planificación del uso de la tierra	+++ Muy aceptable	+++ Bajos costos	18+/0-	1

ID	Medida de Adaptación	Ganar/ganar	Arrepentimiento/ No-arrepentimiento	Flexible	Resiliencia Alta	Urgencia	Aceptación Política	Costos	Puntaje	Valor
25	Evaluación de la Vulnerabilidad a través del Estudio del Manejo del Litoral y el Plan Identificar y cuantificar la erosión/acreción en el litoral y convertirla en políticas y estrategias de manejo tomando en cuenta aumento proyectado del nivel del mar	+++ Proporciona herramientas de manejo que podrían guiar la planificación del desarrollo de las zonas cercanas a la costa	+++ Se requiere planificación de manejo del litoral para hacer frente a los efectos del mar sobre las costas y cerca de las tierras costeras.	+ Cierta flexibilidad para proveer opciones estratégicas.	++ El manejo del litoral mejorará la capacidad de recuperación al proporcionar opciones estratégicas para la ordenación del territorio.	+++ Urgente informar la planificación en y en particular la planificación del uso de la tierra	+ +/ - - Política con conocimiento sobre los requisitos para la planificación litoral. Podría encontrar oposición en el sector institucional y privado.	+ / - - La evaluación sistemática de la vulnerabilidad de la costa es costoso (estudios y modelos) El plan por sí solo no es costoso.	15+/5-	2
26	Incorporar políticas y estrategias en el uso de la tierra/ planificación local	+++ Un requisito previo para la planificación y control del desarrollo	+++ No-arrepentimiento, ya que se requiere con urgencia en el manejo de las zonas costeras	+ Flexibilidad incorporada si se hace una planificación cíclica.	+ Planificación espacial sistemática y cíclica puede tener medidas de resiliencia incorporadas.	+++ Urgente controlar el desarrollo integral a lo largo del litoral y minimizar los impactos del nivel del mar en las inversiones con tiempos de vida altos	+++ / - - El Gobierno ha iniciado la revisión del Plan de Desarrollo Físico Nacional de 1984. Las medidas de adaptación (de reasentamiento, reubicación) podrían encontrar oposición.	+ / - - - La implementación del plan actualizado, puede involucrar medidas costosas (protección, reubicación). Retraso en la planificación incrementará costos.	15+/5-	2

7 Esbozo del Plan de Adaptación

Las matrices de análisis proporcionan valores a las medidas de adaptación esbozadas que pueden reducir la vulnerabilidad a los impactos del aumento del nivel del mar. Las medidas esbozadas necesitan ser validadas por las partes interesadas en Trinidad y Tobago después de lo cual se pueden hacer esfuerzos para darle más detalles a estas medidas y convertirlas en acciones concretas, asignar responsabilidades institucionales, estableciendo plazos para la implementación cuantificando las necesidades de financiación e identificando las fuentes de financiamiento.

La lista preliminar con los valores de las medidas de adaptación se muestra en las matrices, también a continuación se analizan en relación al nivel de apoyo a las decisiones, el nivel de planificación y los niveles de las cuatro áreas de especial preocupación. Muchas de las medidas analizadas son importantes requisitos de manejo en general, pero en las cuales los impactos del cambio climático han sido básicos para determinar la urgencia de desarrollar las medidas.

Se ha indicado la urgencia para cada medida de adaptación y se ha evaluado el tiempo de implementación necesario para la puesta en práctica.

7.1 Apoyo a las Decisiones

Los cambios climáticos impactan entre los sectores y se requiere que el manejo este fundamentado en información completa y compleja, abarcando muchas dimensiones, incluyendo, los recursos económicos, socio-económicos, ambientales, los recursos naturales, los recursos hídricos, los usos del suelo, capacidades de la tierra, tanto topográficas, como climáticas y más.

Las ramificaciones del cambio climático deben abordarse de manera integrada coordinando las respuestas entre las muchas partes interesadas. Un requisito previo para tal coordinación es una base de información completa y compartida. El buen manejo de las decisiones requiere además, que la base de información se mantenga continuamente actualizada que permita la presentación de informes del Estado y las evaluaciones de la efectividad de las intervenciones de manejo.

Sistema de Manejo de la Información

Las impresiones de la visita inicial a Trinidad y Tobago y de la recopilación de información subsiguiente, indican que, a pesar de que pueda haber considerable información disponible de numerosas fuentes gubernamentales y no gubernamentales, alguna no está actualizada, está incompleta en cobertura geográfica y no es fácilmente intercambiada entre los proveedores de información. Mucha información es producida como parte de estudios lo que indica que los esfuerzos de adquisición de datos podrían no estar bien enfocados, y en consecuencia los datos podrían no integrarse en los sistemas de manejo de información del gobierno.

El manejo debe estar basado en buena información (precisa, al nivel requerido), distribuida (resolución), y actualizada (frecuencia variable en función de los parámetros). Se debe identificar un sistema de manejo de información que cumpla con los requisitos para la planificación, desarrollo y control del medio ambiente, seguimiento y presentación de informes de situación. El enfoque debe ser estructural para evitar la duplicación de datos y la corrupción de datos.

Existe la necesidad de desarrollar un sistema compartido nacional para el manejo de información que permita una planificación coordinada y bien informada y garantizar que las evaluaciones de la vulnerabilidad en relación con el cambio climático sean incluidas. Las implicaciones del ascenso del nivel del mar en términos del impacto en el uso del suelo por el aumento del nivel del mar asociado con las inundaciones y las marejadas ciclónicas, necesitan estar interactuando con los temas de ordenación del territorio.

La planificación del manejo sectorial e intersectorial, se beneficiará sustancialmente del acceso a un sistema de manejo de información compartida y los esfuerzos por el desarrollo de una infraestructura de información compartida es una inversión de no-arrepentimiento (no-regret) que mejoraría la base para una planificación coordinada del desarrollo en general, mientras que al mismo tiempo, le sería requerido recibir información sobre el riesgo del cambio climático. Por lo tanto, se recomienda como una necesidad urgente. El establecimiento de un sistema de manejo de información compartida, es una tarea exigente que va a depender de reajustes estructurales que pueden influir en muchos actores.

El desarrollo de la tecnología de la información en las últimas décadas, ha eliminado muchos de los obstáculos técnicos experimentados antes, y en la actualidad, es más una cuestión de definir y acordar sobre los mandatos y responsabilidades asociadas con el manejo de la información. Para lograr una infraestructura de manejo de información compartida total e implementada, es un proceso largo en el cual el manejo de datos e información tradicional debe ser revisado y evaluado, y donde deben llegarse a acuerdos y traducirse en disposiciones legales. Un primer paso que se recomienda, es el desarrollo de una meta descripción de indicadores que necesitan tanto monitoreo como del apoyo a las decisiones de manejo. Las consideraciones e iniciativas, a lo largo de esta línea, serían por lo regular inherentes a actividades tempranas en los procesos de Manejo Integrado de los Recursos Hídricos (IWRM) y el Manejo Integrado de la Zona Costera (ICZM), en los cuales se considerarían informes del estado de las cuencas o la zona costera. Con esfuerzos dedicados se podrían desarrollar sistemas de manejo de información compartida dentro de un plazo de ½ a un año que permitirían la coordinación intersectorial.

Monitoreo

Los indicadores incluidos en el sistema de manejo de información estructurada, requieren ser monitoreados de manera sistemática para garantizar que las tendencias y las líneas base, estén actualizadas a un nivel que satisfaga los requisitos de planificación y otros requisitos de gestión. La resolución espacial, la frecuencia y la exactitud del monitoreo, variará en base a los parámetros y deberá definirse en las meta descripciones del sistema de manejo de información.

Los datos de importancia específica al ascenso del nivel del mar (monitoreo del nivel del mar, meteorológicos, oceanográficos, parámetros, etc.), no pueden por cuenta propia, apoyar la toma de decisiones, pero si interactuar con varios otros temas. Por lo tanto, los sistemas de supervisión tendrán que satisfacer los requisitos de calidad (frecuencia, resolución, precisión, puntualidad) para todos los temas que están interactuando en el análisis de la adaptación al cambio climático.

La meta descripción del sistema de gestión de la información compartida antes mencionada deberá incluir datos de temas pertinentes para apoyar las decisiones relacionadas con el cambio climático y la adaptación. Los campos en la meta descripción, debe, entre otros, definir la precisión, resolución geográfica, y la frecuencia de monitoreo e identificar la responsabilidad de vigilar y mantener el indicador en el sistema de información.

Los requisitos de monitoreo surgirán por lo tanto, de la meta-descripción y se podría establecer un esquema general estructurado dentro del período de ½ a 1 año indicado anteriormente. Los recursos y capacidades en ese punto del tiempo, determinarán la escala de tiempo para la implementación de los programas de monitoreo para todo los indicadores identificados.

Monitoreo del Nivel del Mar

Las proyecciones del nivel del mar de Trinidad y Tobago están asociadas a presunciones de desarrollo que pueden cambiar con el tiempo y representan posibles magnitudes con altos niveles de incertidumbre. Mientras que con el tiempo, las combinaciones (ensambles) de modelos globales serán más precisas en sus proyecciones, sin embargo las condiciones locales en Trinidad y Tobago tienen un

impacto significativo en los niveles del mar debido entre otros, a la subsidencia, la cual varía entre las zonas costeras. Con el fin de apoyar las decisiones de manejo, hay una necesidad particular de monitorear los movimientos reales del nivel del mar en varias localidades a lo largo de la costa, y debe establecerse un programa sistemático asegurando que las diferencias locales están debidamente reflejadas.

Tarea 1: Estudio del ascenso del nivel del mar

El estudio debe recopilar el conocimiento existente sobre los diferentes factores que contribuyen al aumento del nivel del mar en Trinidad y Tobago con el fin de determinar las localidades claves para establecer un programa de monitoreo continuo. El estudio debe llevarse a cabo con carácter de urgencia para permitir un monitoreo estructurado del aumento del nivel del mar; y dependiendo de los recursos, el estudio podría completarse en un lapso de 1/2 a 1 año.

Tarea 2: Iniciar el Programa de Monitoreo

Basados en las recomendaciones que surjan de la Tarea 1, se podría comenzar un monitoreo sistemático de los niveles del mar en sitios claves.

Mejorar el detalle espacial y reducir las incertidumbres en los escenarios del cambio climático para Trinidad y Tobago.

7.2 Medidas de Planificación

La adaptación proactiva al cambio climático y el ascenso del nivel del mar requieren ser incorporados en la planificación. Las cuatro áreas de preocupación discutidas en el caso de estudio del aumento del nivel del mar para Trinidad y Tobago, han identificado las siguientes tareas como especialmente importantes para abordar el ascenso del nivel del mar en el manejo del desarrollo en las áreas costeras:

Tarea 1: Planificación del Manejo del Litoral

Desarrollar políticas de uso de la tierra en la línea costera, basadas en la evaluación sistemática de las vulnerabilidades en la costa y cerca de la costa. Informar a la planificación del uso de tierras.

La evaluación sistemática del litoral de Trinidad y Tobago para determinar las vulnerabilidades relacionadas con la erosión y la inundación, es una cuestión de urgencia para desarrollar políticas locales que pueden incorporarse/integrarse en la planificación del desarrollo, y al mismo tiempo, considerar los impactos de la variabilidad y cambio climático. Debe definirse un plan de manejo completo del litoral para cada isla, el cual podría completarse en un periodo de 1 a 2 años, si se adopta el enfoque que se ejemplifica en el Anexo C.

Tarea 2: Incorporar el Cambio Climático y la Adaptación al Ascenso del Nivel del Mar en la Planificación del Uso de la Tierra

Actualizar la estructura, los planes regionales y locales que abordan la vulnerabilidad al cambio climático y el ascenso del nivel del mar; haciendo frente a los riesgos asociados con los usos del suelo en las zonas vulnerables a la variabilidad y cambio climático, y el aumento del nivel del mar.

Los temas sobre la vulnerabilidad del litoral, se producirán como resultado de la Tarea 1, junto con las políticas locales a nivel de células de sedimentos y gestión, listas para su inclusión en la planificación espacial para guiar el control del desarrollo. El momento para tal inclusión se basará en un calendario revisado de los planes locales, donde las áreas más vulnerables deben recibir la más alta prioridad.

Tarea 3: Participar en reformas para lograr un manejo de desarrollo integrado en las áreas costeras.

Manejo Integrado de las Zonas Costeras incorporando una reforma institucional dirigida a un manejo sostenible de las áreas costeras mediante una mejor coordinación e integración.

Manejo Integrado de los Recursos Hídricos mediante una reforma institucional dirigida al manejo sostenible de los recursos hídricos a través de una mejor coordinación e integración.

Tarea 4: Incrementar preparativos para impactos en las áreas vulnerables a través de planes de contingencia.

Utilizar un escenario de alta calidad del ascenso del nivel del mar para evaluar los impactos catastróficos como base para la planificación de contingencias.

7.3 Inundación en Puerto España

Se pueden implementar varias medidas para mejorar la situación del drenaje en Puerto España y salvaguardar el drenaje de los impactos del aumento del nivel del mar. Sin embargo, la identificación, la evaluación de la eficiencia y los precios de tales medidas requieren una mejor comprensión y más cuantitativa de los problemas de la inundación en Puerto España, tanto en la actualidad como en el futuro. Esta comprensión se establece de manera más eficiente mediante herramientas analíticas modernas (modelos digitales del terreno (MDT), modelos de simulación dinámica, imágenes satelitales y aéreas, SIG, etc.) tal como se describe en la Sección 6. Se obtienen buenos resultados al establecer tales cuando se evalúan de acuerdo con los criterios seleccionados en la Sección 6. Esto indica que la tarea es tanto costo-efectiva como no controversial, y debido a que es un requisito previo para las intervenciones y mejoras de bajo costo, debería ser la primera tarea en un plan de adaptación de drenaje para Puerto España. La tarea siguiente debería ser el uso de las herramientas establecidas para identificar, calcular el costo y clasificar las medidas de alivio en detalle e iniciar la implementación de las más urgentes.

Tarea 1 Definir las herramientas de decisión:

Estudio Hidrológico

Tarea 1 Evaluación de los impactos del cambio climático en los parámetros de diseño para el período hasta el año 2100.

Desarrollo de una base de datos SIG de los cursos de agua naturales y la infraestructura de drenaje pluvial.

Desarrollar un modelo integrado de simulación de drenaje, incluyendo las cuencas de captación, cursos naturales de agua, drenajes entubados y abiertos, alcantarillas, estanques, cuencas de retención, estaciones de bombeo y salidas al mar. El modelo debe capturar los elementos funcionales esenciales del sistema con suficiente precisión para que sean representativos de la funcionalidad real del sistema.

Tarea 2 Identificar y probar varias opciones de mitigación:

Simulación de diferentes escenarios de desarrollo en función de las futuras condiciones hidrológicas y oceanográficas, es decir, incluyendo el cambio climático previsto.

Identificación del área bajo riesgo de inundación y el desarrollo de posibles medidas estructurales de adaptación, tales como, estanques de detención, nuevos drenajes, trampas de sedimentos, basidores de basura, medidas de control de la erosión, etc., así como una serie de medidas adecuadas “suaves” dirigidas al aumento de resiliencia a las inundaciones.

Desarrollo de una solución integral a largo plazo; mediante la selección de soluciones costo-efectivas y políticamente aceptables, que cumplan con los objetivos a largo plazo.

Verificar de la eficiencia de la solución mediante el modelo de simulación.

Tarea 3 Empezar a aplicar las medidas más urgentes y eficientes.

7.4 Intrusión Salina

En la Sección 6, se han identificado una serie de medidas para evitar la salinización de los dos acuíferos seleccionados, evaluadas y clasificadas en una matriz de puntuación.

Basados en esta clasificación, se sugiere el siguiente plan esbozado de adaptación para hacer frente a la salinización de los acuíferos bajo el cambio climático.

Tarea 1: Evaluar la demanda de agua, presente y futura.

Dicha evaluación no estaba disponible para el presente estudio. Es un requisito previo para otras actividades. Por lo tanto, de no estar disponible, debe prepararse con urgencia.

Tarea 2: Investigar alternativas de abastecimiento de agua

Esta es una tarea de alta prioridad que puede implementarse en paralelo a las tareas anteriores. Es importante investigar si existen soluciones más baratas a los posibles problemas de escasez que la de exprimir más agua de los acuíferos. Las opciones obvias podrían ser el represamiento de las aguas superficiales o la desalinización de aguas marinas o agua salobre, de las perforaciones cercanas a la costa.

Tarea 3: Evaluar la capacidad presente y futura de los acuíferos costeros

Es necesaria la creación de modelos hidrológicos e hidrogeológicos detallados para seguir analizando la capacidad presente y futura y para la Tarea 4.

Tarea 4 Analizar escenarios de bombeo

Utilizar modelos establecidos para identificar y probar distintos escenarios de bombeo, nuevos campos de pozos, configuraciones de filtros, etc.

Tarea 5 Revisar y mejorar el programa de monitoreo de los acuíferos costeros

Esta tarea se llevaría a cabo en paralelo con las tareas anteriores, pero es probable que los análisis del modelo apunten a nuevos aspectos importantes para monitorear y verificar.

Tarea 6 Escenarios de pruebas de bombeo

Cuando se hayan identificado y analizado escenarios de bombeo prometedores, estos escenarios tienen que ser probados, bien sea por el uso de pozos existentes (preferible) o por introducción de nuevos pozos de prueba para confirmar los escenarios. Esta tarea puede ser bastante costosa.

Tarea 7 Implementación del manejo de la demanda de agua

Con un 44% de agua no contabilizada, un ahorro sustancial podría ser posible mediante el arreglo de fugas en la red de suministro y la medición. Las políticas de tarificación del agua en los países desarrollados han llevado a una gran reducción en el consumo per cápita y también se podrían considerar aquí, aunque tales medidas podrían enfrentar oposición política. El manejo de la demanda de agua podría implementarse de forma paralela a las otras tareas; pero su implementación podría llevar algún tiempo.

Tarea 8 Preparar el plan de manejo de suministro de agua

Los resultados de las tareas anteriores deben ser formulados en un plan oficial para el manejo sostenible del abastecimiento de agua de la ciudad, basado en un uso sostenible de los acuíferos y los demás recursos hídricos.

7.5 Inundaciones de las Tierras Bajas

Tarea 1: Desarrollar las herramientas necesarias para la evaluación de la vulnerabilidad

- (a) Establecer un Modelo de Elevación Digital (DEM) detallado, para las zonas costeras. El DEM, debe integrarse al SIG de ordenación del territorio.

El modelo de elevación digital (basado en una cuadrícula de 90 m) utilizado para visualizar la vulnerabilidad al aumento del nivel del mar en las llanuras costeras en Trinidad, Figura 5-7, es demasiado básico como para la toma de decisiones y el apoyo a la planificación; se requieren modelos más detallados para las áreas de especial preocupación. Se pueden establecer DEM de alta resolución, mediante la tecnología LiDAR inmediatamente disponible. Se espera que el tiempo para desarrollar DEMs más detallados para las zonas costeras vulnerables sea coordinado con otros esfuerzos de planificación dirigidos a estas áreas, tales como la preparación y/o actualización de los planes de áreas locales y especiales, o en relación con los estudios de factibilidad para las grandes infraestructuras u otras inversiones. Se debe, sin embargo, preparar y mantener procedimientos y directrices para el desarrollo de dichos DEM detallados que satisfagan los requisitos de los usos estructurados (incorporación en SIG aplicado, la planificación del desarrollo, la ordenación del territorio, las evaluaciones de vulnerabilidad). La elaboración de directrices y procedimientos es un asunto de urgencia y podría ser completada dentro de 1/2 a 1 año, posiblemente como parte de un proyecto piloto que demuestra el uso práctico de un DEM en evaluaciones de vulnerabilidad.

- (b) La cuantificación de la contribución al aumento relativo del nivel del mar debido a los movimientos terrestres verticales, debido a la tectónica y debido a las actividades humanas, respectivamente.

El estudio del nivel del mar analizado en la Sección 7.1 proporcionará una evaluación de los factores que contribuyen al aumento efectivo del nivel del mar en varias partes de Trinidad y Tobago, sobre la base de la información existente y ayudarán a identificar los requisitos de monitoreo para las localidades seleccionadas. Con el tiempo, los programas de monitoreo en estos sitios, brindarán información más detallada acerca de la importancia relativa de los movimientos terrestres verticales con respecto al ascenso del nivel del mar.

- (c) Realizar un estudio de los ciclones para evaluar la frecuencia de las tormentas tropicales y los ciclones y marejadas asociadas.

Un estudio exhaustivo sobre ciclones podría llevarse a cabo en el transcurso de 1/2 año para evaluar mejor las probabilidades, las características y las trayectorias probables de los ciclones en Trinidad y Tobago. Sería conveniente llevar a cabo el estudio como un esfuerzo regional del Caribe.

Tarea 2: Desarrollar evaluaciones de vulnerabilidad a las inundaciones, como temas que pueden interactuar en análisis espaciales que apoyen la planificación del desarrollo espacial.

Utilizar DEM detallados para identificar las zonas vulnerables al aumento del nivel del mar, incluyendo las marejadas ciclónicas, asociadas con las tormentas ciclónicas y desarrollar mapas de riesgo. Los mapas de vulnerabilidad y de riesgo deben ser preparados como temas que permitan la interacción con temas utilizados en la planificación espacial. Los procedimientos y directrices para el desarrollo de temas sobre vulnerabilidad y riesgo locales, deben ser preparados y mantenidos para asegurar que tales temas satisfacen los requisitos de los usos estructurados (incorporación en SIG aplicado, la planificación del desarrollo y la ordenación del territorio). La elaboración de directrices y procedimientos es un asunto de urgencia y podría ser completada dentro de 1 a 2 años, posiblemente como parte de un proyecto piloto que demuestre el uso práctico de los temas de vulnerabilidad y riesgo en la ordenación del territorio.

Tarea 3: Incorporación del cambio climático (incluyendo el aumento del nivel del mar) en la Planificación del Desarrollo Territorial a nivel nacional.

La planificación de la estructura, planificación regional y local deben incluir evaluaciones de la vulnerabilidad y los riesgos asociados a la variabilidad climática y al cambio climático. La aplicación de temas producidos como se indica en la Tarea 2 a la ordenación del territorio que permitirá identificar las zonas de riesgo y el análisis de escenarios de desarrollo que involucran estas áreas. Es importante tener escenarios elaborados y considerados en todos los niveles de planificación (nacional/estructural, regional/uso de las tierras, y locales/catastrales). La Estrategia de Desarrollo Espacial Nacional actualmente en elaboración, sería un punto obvio de entrada para la integración de la variabilidad climática y el cambio climático en los procesos de planificación territorial. Sin embargo, la integración total es un esfuerzo a más largo plazo para definir/concretar en una Estrategia de Desarrollo Territorial.

Tarea 4: Participar en los procesos de reforma a largo plazo dirigidos al desarrollo sostenible de resiliencia al clima a través de un Manejo Integrado del Litoral y los Recursos Hídricos.

Se ha reconocido la necesidad de enfoques integrados para el manejo del desarrollo en Trinidad y Tobago, y ya se han emprendido esfuerzos hacia un manejo integrado de los recursos hídricos (IWRM) y el manejo integrado de las zonas costeras (ICZM). Considerando que dichos enfoques abordan reformas muy necesarias, hay una apreciación creciente sobre la necesidad de coordinar mejor estos procesos teniendo en cuenta el vínculo entre el manejo de las cuencas y el manejo de las áreas costeras. Teniendo en cuenta el impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos y las zonas costeras, se requiere que los procesos de reforma incluyan la adaptación al cambio climático.

7.6 Erosión del Litoral

Se propone el siguiente plan de adaptación:

Tarea 1: Mapear/Cartografiar y describir las células y subcélulas de sedimentos a lo largo del litoral como base para determinar los límites de las áreas en la Planificación de Manejo del Litoral e identificar las áreas vulnerables para la planificación detallada del manejo del litoral.

Tarea 2: Evaluación de la vulnerabilidad a través de un Estudio y Plan de Manejo del Litoral. Identificar y cuantificar la erosión/acreción en la costa y convertirlo en políticas y estrategias de manejo teniendo en cuenta el aumento proyectado del nivel del mar.

Tarea 3: Integrar la planificación del manejo del litoral a la planificación del uso de la tierra/planificación local.

En el Anexo C se presenta un enfoque detallado sobre la Planificación de Manejo del Litoral.

8 Referencias

- 1 CANARI Technical Report No 381(2008): Climate Trends and Scenarios for Climate Change in the Insular Caribbean.
- 2 Simpson, M.C., Scott, D., Harrison, M., Silver, N., O’Keeffe, E., Harrison, S., Taylor, M., Sim, R., Lizcano, G., Wilson, M., Ruddy, M., Stager, H., Oldham, J., New, M., Clarke, J., Day, O.J., Fields, N., Georges, J., Waithe, R., McSharry, P. (2010) Quantification and Magnitude of Losses and Damages Resulting from the Impacts of Climate Change: Modelling the Transformational Impacts and Costs of Sea Level Rise in the Caribbean, United Nations Development Programme (UNDP), Barbados, West Indies.
- 3 UNEP (United Nation Environment Programme) (2008). Climate Change in the Caribbean and the Challenge of Adaptation.
- 4 Environmental Management Authority (2001): Trinidad and Tobago. Initial national communication of the Republic of Trinidad and Tobago under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).
- 5 Keith M Miller, Joseph Hamilton and David Neale (2005). Vertical Datums in a Fault Zone: Influences of Plate Tectonics in Trinidad, West Indies.
- 6 Central Statistical Office, Government of the Republic of Trinidad and Tobago (2012). Trinidad and Tobago Human Development Atlas
- 7 UKCIP (2010) The UKCIP Adaptation Wizard V 3.0. UKCIP, Oxford
- 8 UNDP Climate Change Country Profiles, Trinidad and Tobago (2008) (Descargado en Agosto 2012). http://www.geog.ox.ac.uk/research/climate/projects/undp-cp/index.html?country=Trinidad_and_Tobago&d1=Reports#documentation
- 9 CIA World Factbook. (Acceso en Agosto 2012). <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/index.html>
- 10 Michelle Reis (2007). Vision 2020: The Role of Migration In Trinidad and Tobago’s Plan for Overall Development. 8th Annual Conference “Crisis, Chaos and Change: Caribbean Development Challenges in the 21st Century” SALISES, Marzo 26-8 (2007).
- 11 IDB Project Profile Trinidad and Tobago (2011). Wastewater Infrastructure Improvement Program
- 12 IDB Country Strategy with the Republic of Trinidad and Tobago 2011-2015
- 13 DHI Water Resources Climate Change Guidelines (2012)
- 14 DHI Marine Climate Change Guidelines (2012)

- 15 Simpson, M.C., Scott, D., Harrison, M., Sim, R., Silver, N., O’Keeffe, E., Harrison, S., Taylor, M., Lizcano, G.1, Ruty, M., Stager, H., Oldham, J., Wilson, M., New, M., Clarke, J., Day, O.J., Fields, N., Georges, J., Waithe, R., McSharry, P. (2010) Quantification and Magnitude of Losses and Damages Resulting from the Impacts of Climate Change: Modelling the Transformational Impacts and Costs of Sea Level Rise in the Caribbean (Full Document). United Nations Development Programme (UNDP), Barbados, West Indies.
- 16 Bhawan Singh and Abderrahman El Fouladi (2007). Detailed Vulnerability Assessment Survey and Storm Surge Modelling of the West Coast of Trinidad: Vessigny to Cap-de-Ville Quadrant.
- 17 Government of the Republic of Trinidad and Tobago. Ministry of Public Utilities and The Environment. Water Resources Management Unit (2007). National Integrated Water Resources Management Policy – A Water Vision for Trinidad and Tobago.
- 18 Government of the Republic of Trinidad and Tobago. Ministry of Finance and Planning. Town and Country Planning Division (1984). The National Physical Development Plan Trinidad and Tobago.
- 19 Government of the Republic of Trinidad and Tobago. Ministry of Planning and The Economy (2012). Terms of Reference “Request for Tenders for Phase I of the National Physical Development Plan for Trinidad and Tobago – The Situational Analysis”
- 20 Weber, J. C., 2005, Neo-tectonics in the Trinidad and Tobago, West Indies segment of the Caribbean South American plate boundary, Occasional Papers of the Geological Institute of Hungary, 204, 21-29.
- 21 UNFCCC (2005). Climate Change, Small Island Development States (SIDS)
- 22 IDB (2011). Climate Change Adaptation and Water Resources Case Studies. Port-Of-Spain, Trinidad and Tobago. A Case Study for Sea Level Rise Impacts.
- 23 UNEP Risø Centre on Energy, Climate and Sustainable Development (2010). Technologies for Climate Change Adaptation – Coastal Erosion and Flooding
- 24 Bruun, P. (1962). Sea level rise as a cause of shore erosion. Proceedings of the American Society of Civil Engineers. Journal of Waterways and Harbors Division, 88, 117-130.
- 25 B.Singh & A. El Fouladi (2003). Coastal erosion in Trinidad in the Southern Caribbean : probable causes and solutions. Transactions in the Built Environment vol 70, WIT Press, www.witpress.com
- 26 Vasudev Kanithi & Rolando P. Rosano (2009). Coastal Erosion and Coastal Structures in Clifton Hill Beach, Point Fortin, Trinidad. LACCEI.
- 27 Richard E.A. Robertson, Lloyd L. Lynch, Joan L. Latchman, Roderick Stewart, Walter Salazar, Eroucilla P. Joseph and Stacey Edwards (2011). A Sustainable Port of Spain in the Context of Seismicity in Trinidad and Tobago. Seismic Research Centre, The University of the West Indies.
- 28 Barlow, Paul M. (2003). “Ground Water in Freshwater-Saltwater Environments of the Atlantic Coast”. USGS. <http://pubs.usgs.gov/circ/2003/circ1262/>. Acceso 08/2012.

- 29 USGS Fact Sheet 057-00 (2000). Is Seawater Intrusion Affecting Ground Water on Lopez island, Washington?
- 30 WRA/MIN E. Env (2001). Integrating the Management of Watersheds and Coastal Areas in Trinidad and Tobago.
- 31 Nicholls, R.J., Hanson, S.E., Lowe, J.A., Warrick, R.A., Lu,X., Long, A.J. and Carter, T.R., 2011: Constructing Sea-Level Scenarios for Impact and Adaptation Assessment of Coastal Area: A Guidance Document. Supporting Material, Intergovernmental Panel on Climate Change Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Analysis (TGICA), 47 pp.
- 32 Canisius, F. and C. Nancy (2007). GeoFIS: Flood Insurance System for Trinidad – A Case Study for San Juan Downstream. Department of Surveying and Land Information, Faculty of Engineering, University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad and Tobago.
- 33 Beard, T. (2012). Sustainable Cities: The Case of Greater Port of Spain, Trinidad. 48th ISOCARP Congress 2012.
- 34 Anon (2010). Working Document. First Draft Development Plan: A Strategic Regional Planning Framework for San Juan-Laventille Regional Corporation.
- 35 Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (2007). Fourth Assessment Report
- 36 Simpson, M.C., Scott, D., Harrison, M., Silver, N., O’Keeffe, E., Harrison, S., Taylor, M., Sim, R., Lizcano, G., Wilson, M., Ruddy, M., Stager, H., Oldham, J., New, M., Clarke, J., Day, O.J., Fields, N., Georges, J., Waithe, R., McSharry, P. (2010) Quantification and Magnitude of Losses and Damages Resulting from the Impacts of Climate Change: Modelling the Transformational Impacts and Costs of Sea Level Rise in the Caribbean, United Nations Development Programme (UNDP), Barbados, West Indies.
- 37 Government of the Republic of Trinidad and Tobago, Ministry of Works and Infrastructure <http://www.mowt.gov.tt/general/project.aspx?projectID=10> (evaluado Octubre 2012).
- 38 The Cropper Foundation: Port of Spain, Case study at: <http://www.scribd.com/doc/19552480/Port-of-Spain-Case-Study> (descargado Octubre 2012)
- 39 Trinidad Express Newspapers (23. Oct. 2010) http://www.trinidadexpress.com/news/Warner_Millette_drainage_plan_still_applicable-105614478.html
- 40 Guardian Media (Octubre 2012): <http://m.guardian.co.tt/editorial/2012-10-14/fix-waste-water-drainage-systems>
- 41 NIDCO: <http://www.nidco.co.tt/index.php/projects/drainage.html> (evaluado Octubre 2012)
- 42 Rhode. R.A.: http://www.globalwarmingart.com/wiki/File:Tropical_Storm_Map_png (descargado Octubre 2010)
- 43 Wikimedia Commons: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Global_tropical_cyclone_tracks-edit2.jpg (descargado Octubre 2012)

- 44 Meehl, G.A., Stocker, T.F., Collins, W.D., Friedlingstein, P., Gaye, A.T., Gregory, J.M., Kitoh, R., Knutti, R., Murphy, J.M., Noda, A., Raper, S.C.B., Watterson, I.G., Weaver, A.J. and Zhao, Z.-C. (2007). Global Climate Projections. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Work Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. and Miller, H.L.] Cambridge, UK and New York, NY, USA,: Cambridge University Press.
- 45 WASA 1970?: Background information of POS
- 46 WASA 1986? : Contents of the hydrogeological Map.
- 47 IDB 2012: Climate Change Adaptation Case studies, The Pantanos River Urban Catchment Case Study – Montevideo (Uruguay) Prepared by DHI.
- 48 NASA (2000): Shuttle Radar Topography Mission. <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/cbanddataproducts.html>
- 49 Singh, B., A.El Fouladi and K. Ramnath (2008). Vulnerability assessment survey of oil and gas facilities to climate-driven sea level rises and storm surges on the west coast of Trinidad. WIT Transactions on Information and Communication, Vol 39
- 50 Government of the Republic of Trinidad and Tobago, Ministry of Planning and the Economy (2012). Terms of Reference. “Request for Phase I of the National Physical Development Plan for Trinidad and Tobago – The Situational Analysis”
- 51 Mangor, K. (2004): Shoreline Management Guidelines. DHI
- 52 Singh, B. and A. El Fouladi (2003). Coastal erosion Trinidad in the Southern Caribbean : probable causes and solutions.
- 53 stormCARIB: Caribbean Hurricane Network: <http://stormcarib.com/climatology/> (acceso Enero 2013)

Anexos

Apendice A

Proyecciones del Cambio Climático para Puerto España, Trinidad & Tobago

Proyecciones del Cambio Climático para Puerto España. Evaluación rápida

Una evaluación rápida de los cambios proyectados en la precipitación y evaporación en Puerto España, ha sido preparada para complementar el análisis sobre la intrusión marina en el acuífero costero en el Informe Principal.

Los factores de cambio mensual proyectados de precipitaciones y evaporación, se han extraído de los resultados de 21 modelos globales de circulación, utilizando las herramientas de evaluación de cambio climático DHI en el paquete de modelaje Mike 11 (Ref. A-1); los modelos incluidos en los análisis se enumeran en la Tabla A.

El paquete extrae datos de tres escenarios: SRA1B, SRA2 y SRB1. No se ha recibido información sobre ninguna decisión oficial sobre cual escenario de emisiones debe utilizarse para Trinidad y Tobago. Para este análisis, se ha seleccionado el escenario SRA1B. Al comparar los tres escenarios anteriores, el SRA1B proporciona un estimado central de precipitación para finales del siglo 21, mientras que da una precipitación más baja que los otros dos para mediados de siglo (ver Figura).

Proyecciones de Lluvias

En general, la predicción de los cambios en las lluvias es más incierta que las predicciones de los cambios en la temperatura, y a menudo se experimenta una gran variación en las predicciones entre los distintos modelos. La Figura A ilustra esta variación en el Escenario SRA1B para los cambios de precipitación proyectados para finales del siglo 21. Se observa que el 80% de los 21 modelos coinciden en la tendencia negativa en la precipitación pluvial, y más del 50% de los modelos coinciden que este descenso aparece en todos los meses del año.

En promedio, los 21 modelos predicen una disminución anual de lluvias del 14% y 21% para el año 2050 y 2100, respectivamente.

Hay que destacar que, si bien la disminución general proyectada de la precipitación mensual como consecuencia de los cambios climáticos globales, se podría usar para indicar cambios en los patrones hidrológicos globales tales como la recarga general en acuíferos subterráneas, no debería ser usada para sacar conclusiones sobre la intensidad y duración de las tormentas individuales, que son parámetros relevantes para el diseño de obras de drenaje urbano. Se predice que tales eventos podrían ser más graves en muchas partes del mundo. Se requiere de análisis de valores extremos más detallados sobre la base de los modelos climáticos regionales, con resoluciones más finas que las globales para mejorar los parámetros de diseño para el drenaje urbano.

Tabla A-1 Modelos incluidos en la evaluación

ID	Modelo	ID	Modelo	ID	Modelo
1	BCM2	8	GFCM20	15	IPCM4
2	CGHR	9	GFCM21	16	MIHR
3	CGMR	10	GIAOM	17	MIMR
4	CNCM3	11	GIEH	18	MPEH5
5	CSMK3	12	HADCM3	19	MRCGCM
6	ECHOG	13	HADGEM	20	NCCCSM
7	FGOALS	14	INCM3	21	NCPCM

Los registros de la precipitación, que datan de mucho tiempo, del Jardín Botánico de Puerto España estuvieron disponibles para este estudio (Tabla A). Esta serie se ha utilizado para ilustrar la precipitación proyectada a futuro en la ciudad (Figura A).

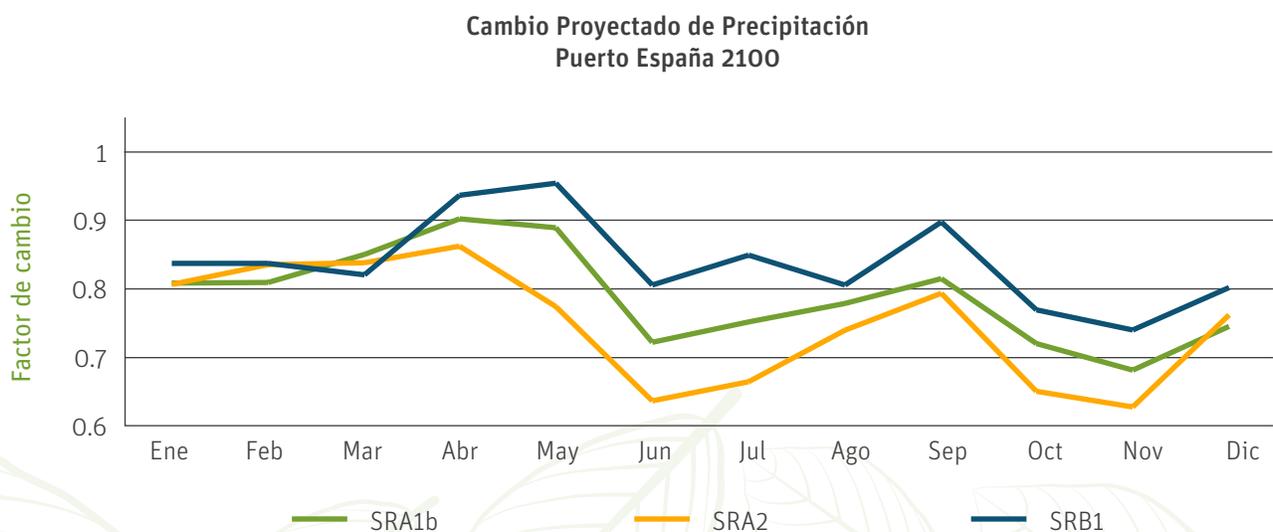
La serie ofrece una larga e ininterrumpida serie desde 1921 a 1981. Después de 1981, la serie contiene más brechas y en vista de que, el relleno de brechas profesional está fuera del alcance de este estudio, se han utilizado los datos hasta 1981 como representativos del clima actual en la ciudad.-

Proyecciones de la Evaporación Potencial

La evaporación potencial según las predicciones de los 21 modelos climáticos, se ilustra en la Figura A 4.

Todos los modelos concuerdan en que la evaporación potencial aumentará, y que el porcentaje de aumento será casi constante a lo largo del año. Se predicen incrementos promedio de evaporación potencial del 5% y 8% para el 2050 y el 2100 respectivamente.

Figura A-1 Comparación de las proyecciones de precipitación para Puerto España bajo tres escenarios de emisiones diferentes. Predicción Promedio de 21modelos



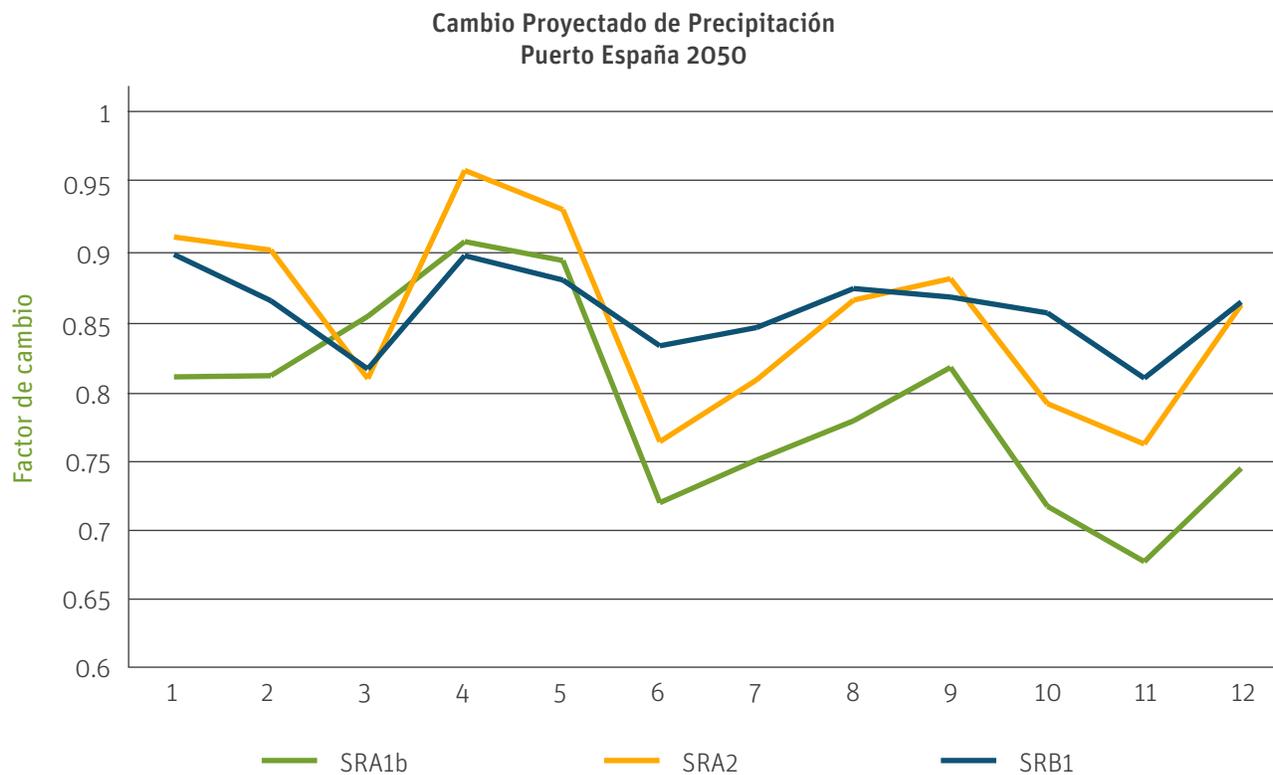


Figura A-2 Estadísticas de proyecciones de precipitación para Puerto España para el año 2100.

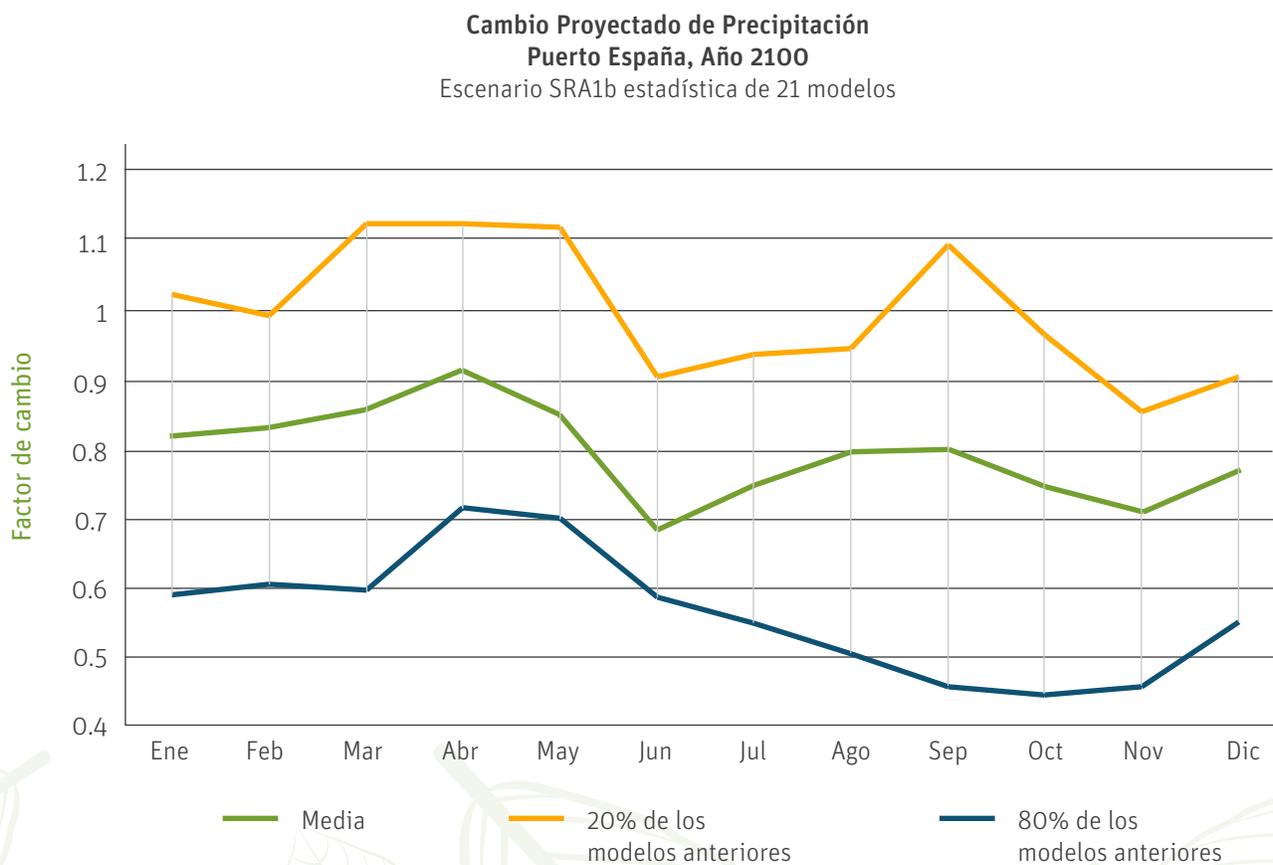


Figura A-3

Precipitaciones históricas a largo plazo en Puerto España (1921-1981) que se asumen representativas para las condiciones actuales y los cambios proyectados para el 2050 y 20100,

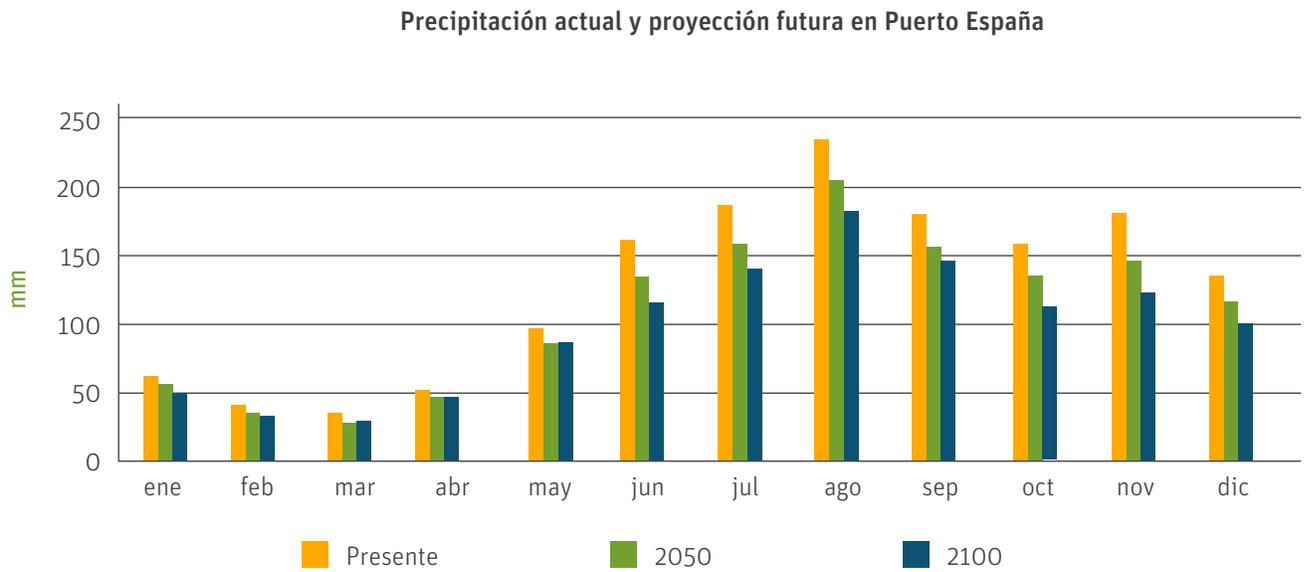


Figura A-4

Proyección de cambios en el potencial de evaporación en Puerto España para el 2100.

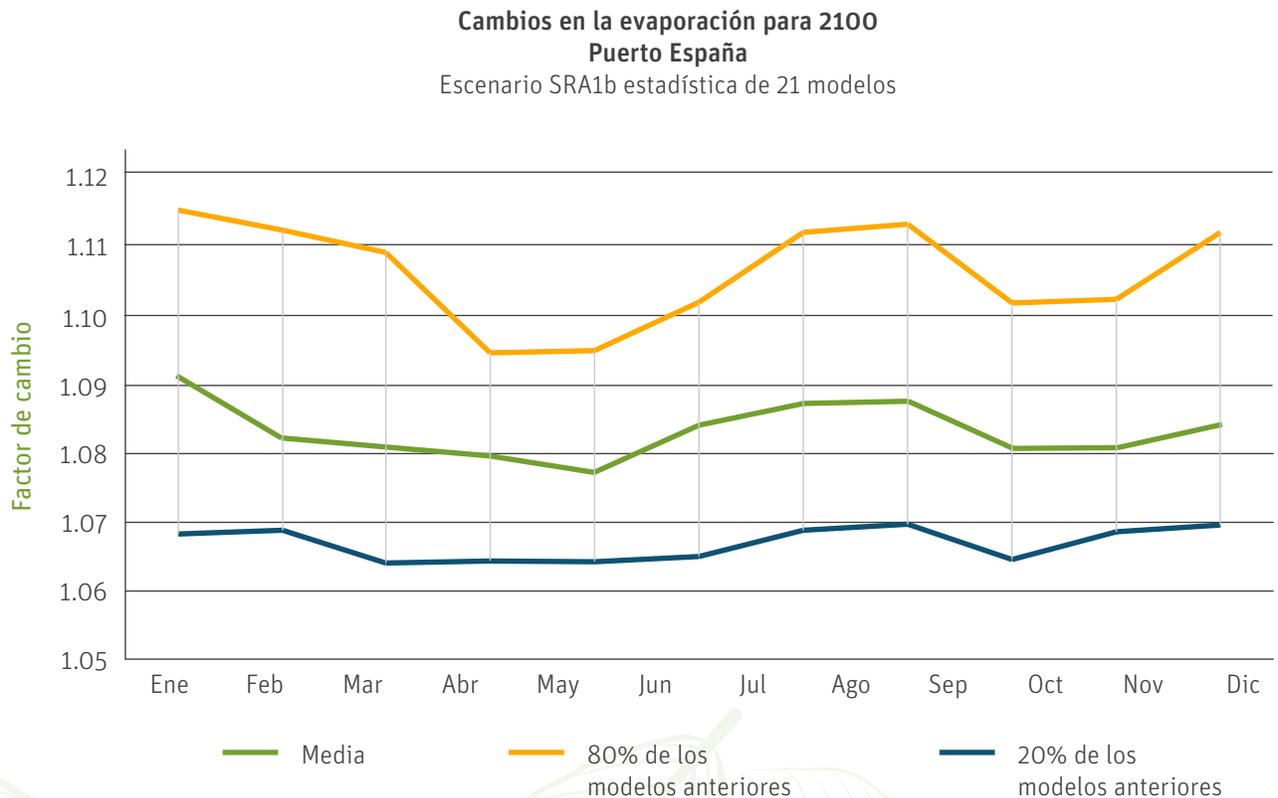


Tabla A-2 Precipitaciones Mensuales de Puerto España (Jardín Botánico) desde 1927-1981.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Promedio	62.3	40.6	34.0	52.1	97.1	161.4	187.3	234.5	180.3	157.9	181.4	135.1	1513
1927		112.8	91.9	128	181.8	176.2	239	296.5	231.5	155.6	143.3	183.3	
1928	107.2	17.6	33.3	51.3	16.5	146.1	204.9	220	187	232.2	213.8	150.9	1581
1929	158.5	21.4	45.1	20.6	186.1	178.6	129.4	322.9	132.3	86.4	236	38.6	1556
1930	68.6	2	7.8	60.6	47.1	161.4	180.7	125.4	148	159.2	66	124.1	1151
1931	42.6	28.3	1.8	7.4	28.5	176.2	278.4	225.8	123.3	167.3	201.6		
1932	142.5	43.7	110.6	101.4	235.1	267.6	147.2	407.4	97.9	117	259.7	203.5	2134
1933	98.2	31.7	48.6	34.5		258.9	277.6	408.3	292.6	188.3	136.7	159.7	
1934	65.2	22.8	18.8	4.3	20.8	77.6	239.7	183.7	166.3	216.1	256.1	134.9	1406
1935	13.5	14.4	31.2	10.7	128.2	60	186.7	335.7	294.9	96.9	286	87.9	1546
1936	29.7	7.2	2.8	61.6	142.8	267.2	272.7	150.7	206.6	125.9	179.5	140.7	1587
1937	92	31.8	17.8	65.8	5.1	110.1	180.1		137.5	106	306.9	200.3	
1938	88.9	66.8		164.4		149.1	245.2	257.7	269.7	190.2	262.5	298	
1939	27.4	60	23.8	47.3	71.8	136.9	191.5	213.7	214.7	251.5	81.1	124.2	1444
1940	32	6.8	41.1	12.5		135.4	108.5	274.9	152.6	142.7	245.1	108.4	
1948	155.5	20.1	53	93.4	100.7	315.7	369.1	221.4	244.4	195.4	130.2	36.6	1936
1949	16.7	49.5	22.6	14.2	92	167.7	176.2			78.5	207.6	218.6	
1950	122	139.5	48.3	78.7	49.7	265	192	314.8	148.8	178.3	67.2	108.3	1713
1951	135.9	240.6	108.8	53.8	162.6	246.6	180.2	382.5	279.1	198.6	188.4	94.9	2272
1952	33.6	41.8	9.4	54.5	58	173.8	200.1	243.3	287.8	170.5	132.9	154.2	1560
1953	63.6	35.6	30.2	30.9	142	120.8	215.1	213.8	239.6	132.4	180.9	106.1	1511
1954	54.9	16.8	37.7	74.7	50.8	183.3	185.5	269.3	226	185.6	257.4	154.5	1697
1955	59.8	36.9	43.2	31.9	33.3	285.4	239.6		49.5	314.2	241.6	120.7	
1956	110.9	78.5	56.9	49	55.5	144.8	86	196.2	193.1	237.3	115.9	120.8	1445
1957	63.1	24.9	8.7	72.7	34.9	130.6	175.8	120.5	138.4	77.1	236.3	154.3	1237
1958	28.6	26.3	82.8	134.3	183.5	311.4	274.6	240.2	223.6	131.5	184	122.2	1943
1959	10.1	30.6	2.8	11	42.7	118.6	59.1	129.2	218.2	148.7	150.8	172.9	1095
1960	27.5	25.3	6.7	30	35.4	70.2	109.5	34.2					
1962	53.3	67	57.9	14.7	52.1	237.7	272.2	317.1	199.3	88.1	112.1	120.7	1592
1963	69	52.1	44.6	26.5	524.8	198.3	215.1	209.5		104.8			
1971	57	31.1	27.3	4.4	60.9	92.9	84.6	254.6	142.8	356.6	202.2	138	1452
1972							134.3	93.7	98.1	130.6	76.5	97.7	
1973	27.9	9.8	21.1	49.2	44.6	93.5	78.6	282.3	125.7	59.6	184.8	101.9	1079
1974	86.5	38.9	31.7	26.5	43.5	86.2	215.4						
1975	34.9	15.4	19.8	66.7	79.1	71.2	119.2	474.2	218.5	160.9	143.3	214.6	1618
1976	38	47.2	46.2	54.7	34.2	163.2	173.2	90.9	91.2	42.9	151.7	160.4	1094
1977	14.1	20.5	18.1	20.1	14.3		141.1	184.8	108	182.2	110.8	17.7	
1978	30.6	1.3	15.2	9.4	80.6	82.5	346.4	172.8	124.1	91.2	37.9	13.8	1006
1979	18.8	5.1	9.4	34.5	12.3	70.9	136.8	100.2	119.6	182.2	210.1	266.2	1166
1980	20.4	5.8	1.2	6.4	308.7	60.7	42.3	252.7		158.8	334.4	106.5	
1981	67.3	57.2	12.5	218.2	135	140.5		222.7				107.5	

Apéndice B

Perfiles hidrológicos del Acuífero de Grava de la Península Noroccidental
(Puerto España /Cocorite))

Resumen

Este Apéndice resume la información recibida de WASA sobre los Acuíferos Costeros en Puerto España.

Mediante la comparación de las localidades en el mapa (Figura B-1) con las secciones transversales (Figura B-2 a B-5) se observa que los niveles de terreno cerca de la costa están muy cerca del nivel medio del mar y que los niveles dinámicos de agua en los pozos están muy cerca y, a veces por debajo del actual nivel medio del mar.

Las secciones transversales muestran depósitos sedimentarios profundos y sugieren un buen contacto hidráulico con el agua de mar en la línea de la costa o cerca de la costa. Partiendo de esta información, no es posible evaluar la magnitud de la recarga de los acuíferos de agua dulce, ni horizontalmente a través de la infiltración local, ni lateralmente desde las zonas montañosas aguas arriba.

Se ha informado previamente sobre los altos niveles de salinidad, pero parecen estar bajo control, y la reducción de la carga hidráulica de los diversos pozos parece estable (Ver la Tabla 3-2 y Figura 3-2 del Informe Principal).

Figura B-1 Plan de bombeo y pozos de observación en las Gravas de la Península Noroccidental de Puerto España con la ubicación de los transectos que se muestran en las siguientes Figuras.

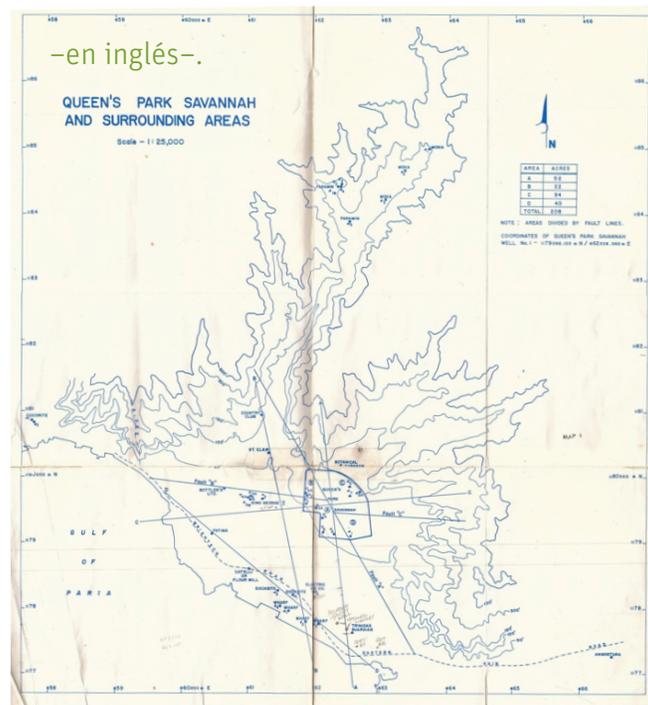


Figura B-2 Transversal A-A (Ubicación en la Figura B-1) del Acuífero—en inglés—.

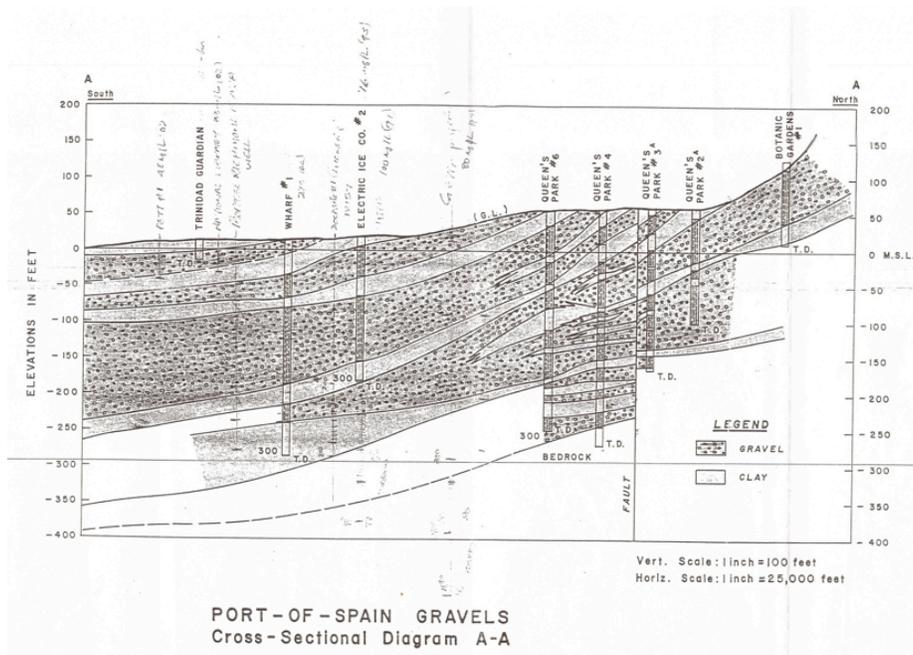


Figura B-3 Transversal B-B (Ubicación en la Figura B-1) del Acuífero—en inglés—.

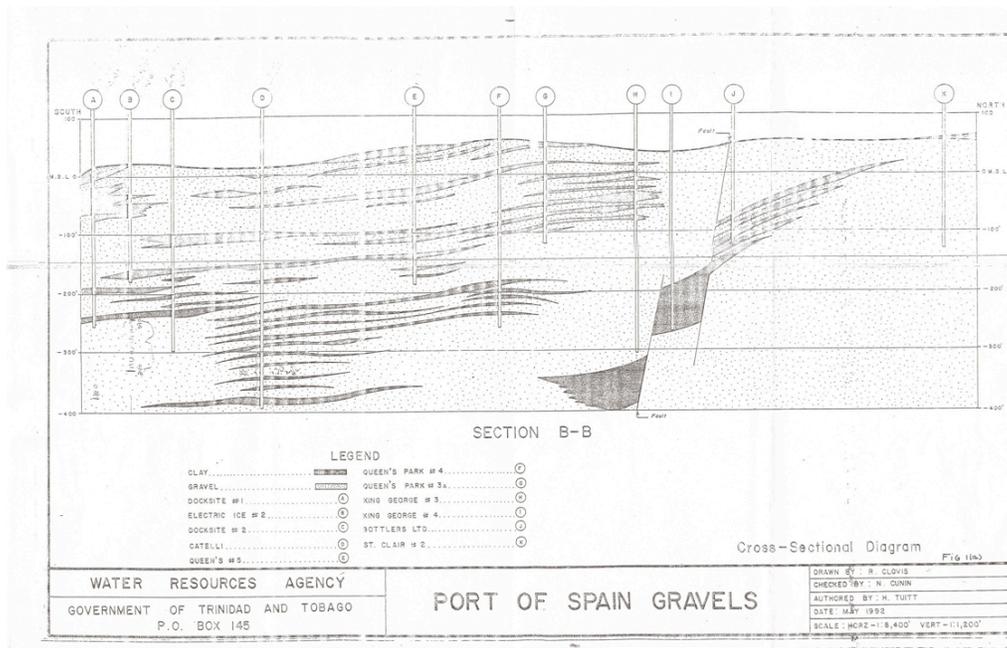


Figura B-4 Transversal C-C (Ubicación en la Figura B-1) del Acuífero—en inglés—.

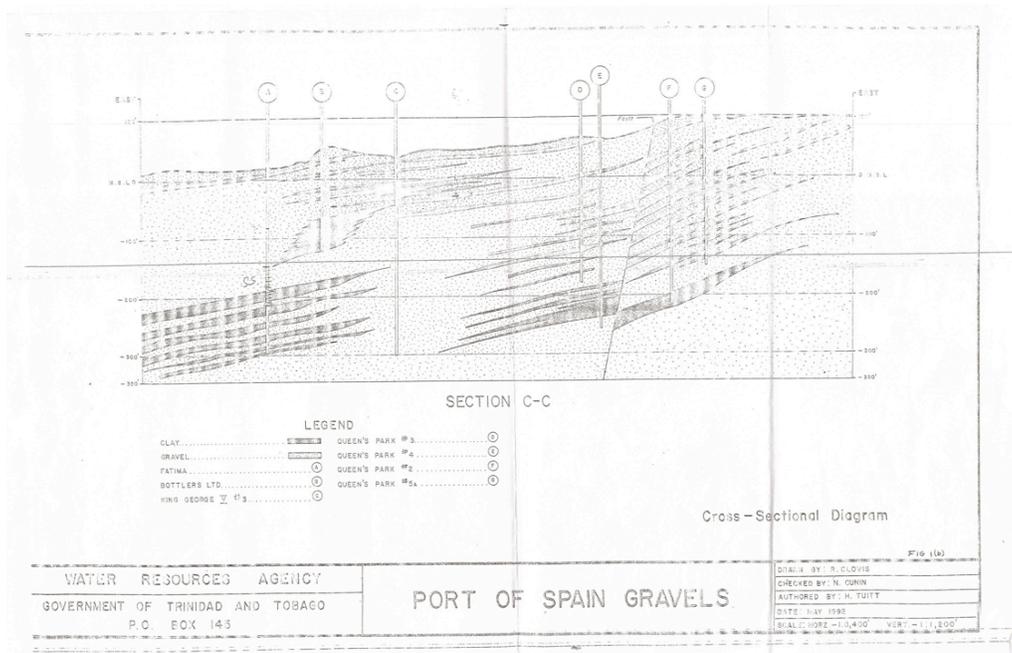
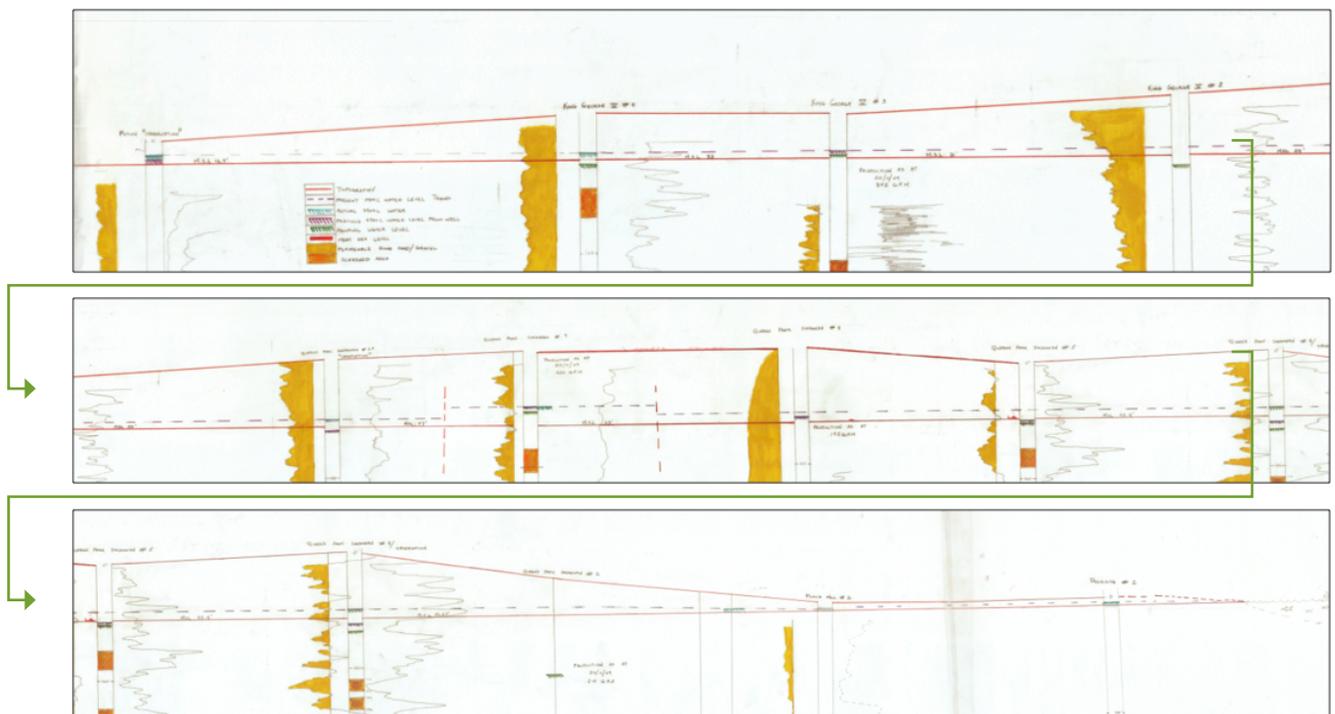


Figura B-5 Sección en zigzag del Acuífero en Puerto España con indicación de los niveles de agua estacionario y dinámico en los diversos pozos. Fuente: Recibido de WASA.



Apéndice C

Planificación del Manejo del Litoral (Extraído de la Ref. 51)

Planificación del Manejo del Litoral

El propósito de la Planificación de Manejo del Litoral es identificar los recursos y activos de la zona costera, en la actualidad y en el futuro, y, a través de esto, minimizar las consecuencias negativas de la interacción entre los diversos intereses, es decir, el desarrollo turístico y económico, la protección costera, la dinámica natural, etc.

La Planificación de Manejo del Litoral es la parte de la Gestión Integrada de Zonas Costeras, que se ocupa de la interacción entre la evolución costera real y potencial, y las actividades existentes y planificadas en la zona costera.

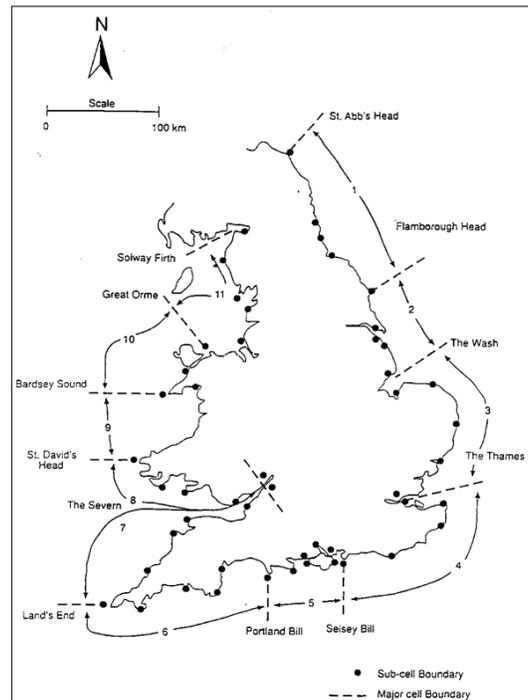
El objetivo de un *Plan de Manejo del Litoral* (SMP) es proporcionar una base para la implementación de las políticas y estrategias generales de ordenación sostenible del litoral - una estrategia de manejo - para una región bien definida y para que se establezca un marco para el manejo de conflictos futuros en la zona costera.

Un *Plan de Manejo del Litoral* es un documento de estrategia, que ofrece a grandes rasgos, una evaluación amplia de los recursos costeros, los conflictos, oportunidades y limitaciones. Por lo tanto, el plan debe incluir referencia a las políticas adoptadas y al sistema de regulación adoptado, así como también, el Plan de Manejo de la Zona Costera.

El SMP deberá abordar, en términos generales, ya sea para defender o seguir defendiendo, los activos con las defensas costeras o gestionar los riesgos a través de otros medios. El plan debe basarse en una evaluación estratégica de las condiciones dentro del área contemplada por el plan en lugar de estudios detallados de sitios individuales.

Un *Plan de Manejo del Litoral* normalmente cubre un área a lo largo de la costa que se describe como una *célula de sedimentos*. Una célula de sedimentos es una sección de la costa en la cual, los procesos físicos son relativamente independientes de los procesos que operan en las células de sedimentos adyacentes. El límite de una celda de sedimentos generalmente coincide con los estuarios más grandes o cabos prominentes. Un ejemplo del Reino Unido se ilustra en la Figura C-1.

Figura C-1 Límites de las células de sedimentos más importantes en el Reino Unido—en inglés—.



En muchos casos, sin embargo, las sub-células o grupos de células, proporcionan una base más práctica para la elaboración de planes porque tienen un tamaño más manejable. Los límites de las sub-células, que también se ilustran en la Figura C-1, no son definitivos; se basan en el mejor conocimiento disponible de los procesos a gran escala, y deben ser revisados a medida que haya más información disponible.

La Planificación del Manejo del Litoral se ha convertido cada vez más importante con la presión de un desarrollo acelerado en las áreas costeras y las necesidades relativamente estrictas del sector para la conservación y restauración de los recursos naturales, que han sido implementadas en la legislación en la mayoría de los países en las últimas décadas. El desafío en este contexto es la combinación de los siguientes intereses:

- Intereses Públicos: La protección del litoral, la preservación de los recursos, el desarrollo de la infraestructura y los servicios públicos, etc.
- Intereses Privados: Desarrollo de proyectos y protección del litoral
- Intereses Industriales: El desarrollo industrial, la navegación, la utilización de materias primas, etc.

A menudo hay conflictos de intereses inherentes, por ejemplo, proyectos de protección de la costa, tanto en relación con los objetivos como respecto al reparto de los costos. La solución de estos asuntos de planificación es a menudo tan difícil como lo es encontrar una solución técnica adecuada. Los siguientes aspectos son igualmente importantes en este proceso de planificación:

- Apertura a través de la participación del público mediante la difusión de los conceptos de planificación y audiencias públicas.
- Ponderación equilibrada de los intereses en conflicto, tales como los requisitos para el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente y la preservación del paisaje natural costero versus los requisitos de protección, etc. Esto se puede implementar a través de proyectos optimizados bien planificados.
- La distribución justa de costos entre todas las partes involucradas. Las dos partes interesadas principales son:
 - a) Los Propietarios de tierras, que se benefician directamente del proyecto, por ejemplo, en la forma de obtener protección de la propiedad, y
 - b) Las Autoridades del Sector, que introducen requisitos a la sostenibilidad y a la preservación de la naturaleza, que a menudo conduce a un aumento del costo del proyecto.

Por lo general, es la responsabilidad de la administración regional o una autoridad del sector, como la autoridad costera, desarrollar planes de gestión del litoral. Es importante que los expertos en los campos de la morfología costera, ingeniería de costas, arquitectura y planificación del paisaje y en el manejo del medio ambiente, participen en la elaboración del Plan de Manejo del Litoral.

A continuación, se enumera y se describe el contenido general de un **Plan de Manejo del Litoral** para una célula de sedimento específica. También se incluyen en la descripción, los procedimientos administrativos relacionados con el proceso de planificación.

1. Referencia a los planes relacionados y al marco jurídico e institucional

- Resumen de los requisitos de planificación para la célula de sedimentos de los planes territoriales regionales y locales existentes. Planteamiento de los posibles requisitos de enmiendas a estos planes con el fin de hacer espacio para un posible desarrollo nuevo.
- Resumen de las necesidades de la célula de sedimentos según actos sectoriales existentes y de un posible Plan de Manejo de la Zona Costera.
- Descripción de la estructura institucional y los procedimientos relacionados con la elaboración y aprobación del SMP.

2. Información históricamente actualizada sobre la zona costera

- Descripción del desarrollo del litoral y la costa, basada en datos históricos (encuestas viejas, fotografías aéreas, gráficos, mapas y otros datos de información local/nacional)
- Descripción de las estructuras existentes de la costa y el puerto (y cómo han cambiado a través del tiempo), incluyendo el dragado; en relación con el impacto anteriormente mencionado, el impacto en el desarrollo costero debe ser deducido.
- Condiciones meteo-marinas (clima, oleaje, corrientes, viento, temperatura y niveles de agua). Si los datos de olas y nivel de agua no están disponibles, esto podría hacerse a través del modelaje numérico para generar información útil:
- Información batimétrica y topográfica

- Información geológica y morfológica. Descripción del paisaje costero y el desarrollo reciente. Información sobre las capas de arena marina existentes en la orilla y la distribución del tamaño de grano, que es necesaria para el cálculo del presupuesto de la deriva litoral.
- Mapeo del uso existente del suelo: las zonas de vivienda y habitabilidad, la agricultura, la industria, las principales áreas de infraestructura y la naturaleza (bosques, tierra no urbanizada, áreas recreativas)
- Biodiversidad, conservación de la naturaleza y los aspectos ambientales
- Entorno Histórico (importantes lugares históricos locales o nacionales, restos arqueológicos, edificios históricos, parques, jardines, paisajes)
- Cuestiones de Paisaje (paisajes designados por su importancia, los parques nacionales y el patrimonio mundial)

3. Establecer el presupuesto de la deriva litoral, clasificar la línea costera y categorizar secciones de la costa para la sensibilidad

- Recopilación de datos adicionales necesarios
- Establecer el presupuesto de la deriva litoral para la célula de sedimentos mediante el modelaje numérico y mediante el análisis de los datos históricos de desarrollo del litoral. El presupuesto de la deriva litoral es decisivo para la erosión o acreción de la costa natural y para entender los impactos de las estructuras artificiales existentes o planificadas.
- Establecer una clasificación del litoral. Esto es importante para entender las características morfológicas y para evaluar las medidas de protección adecuadas.
- Clasificar las secciones del litoral para la sensibilidad a la erosión y acreción basados en el presupuesto de sedimentos

4. Identificación de las vinculaciones (naturales o artificiales) en la zona costera, en el presente y a futuro

- Descripción del desarrollo del litoral
- Descripción del uso del suelo en un sentido amplio (presente y futuro (desarrollo planificado)). Uso de la tierra según las siguientes categorías: vivienda, industria, grandes infraestructuras, recreación y áreas naturales protegidas
- Análisis de los conflictos entre el desarrollo del litoral, uso de la tierra y los requisitos ambientales

5. Estrategia desarrollada y aceptada por las partes interesadas

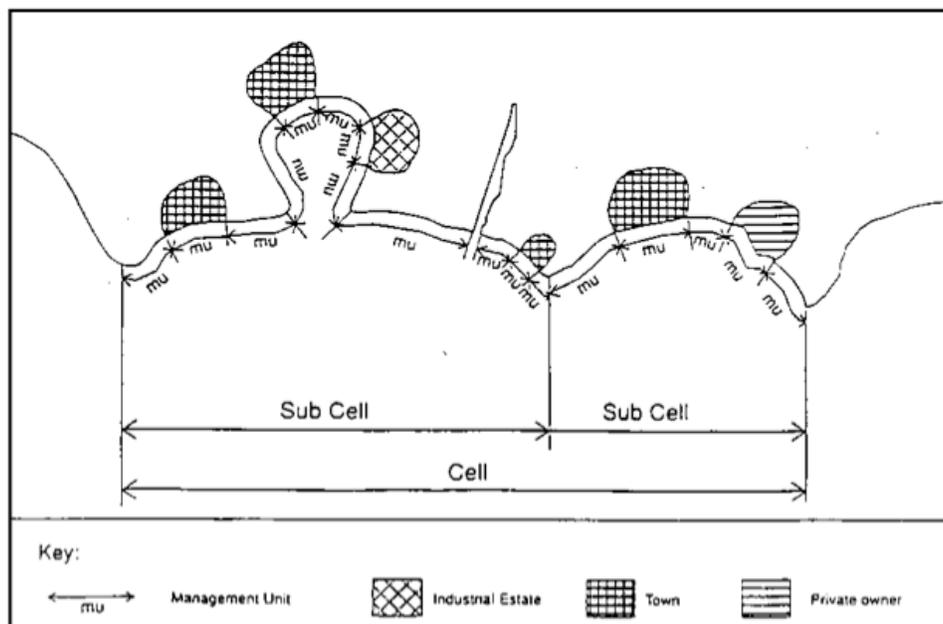
- Establecer un proyecto de estrategia de manejo del litoral sostenible para el desarrollo y protección futuros, por ejemplo, donde se puede aceptar el desarrollo y donde se debe defender, o si continuar defendiendo, los activos con la protección costera o medidas de protección costera o manejo de los riesgos a través de otros medios

- Parte de la estrategia de manejo es establecer una distribución de costos compartidos para los diferentes tipos de desarrollos y los principios de protección
- Publicar la estrategia de manejo del litoral y circularla entre las autoridades pertinentes para su consideración y para llevarla a un proceso de audiencia pública
- Establecer un consenso a través de los procesos de circulación y audiencia pública, formular el plan de manejo del litoral acordado y publicarlo

6. Identificación de las Unidades de Gestión

Identificar las *Unidades de Gestión* dentro del área del plan - las células o sub-célula de sedimentos. Las Unidades de Gestión representan una subdivisión práctica de la Célula de Sedimentos en longitudes que siguen los principios de células de sedimentos y representan secciones de uso homogéneo del suelo. Las Unidades de Gestión son secciones de costas de tamaños adecuados para formar la base para los planes principales en el diseño conceptual de los esquemas de desarrollo/protección del litoral, el llamado Plan Maestro del Litoral (SMasP, por sus siglas en inglés). Un ejemplo de la relación entre las Unidades de Gestión y Células de Sedimento (Subcelulas) se ilustra en la Figura C-2.

Figura C-2 Muestra de Célula de Sedimento, Sub-Célula de Sedimento y Unidades de Gestión



7. Establecer un Plan de Monitoreo y una Base de Datos

- Identificar lagunas de datos a ser cubiertas por encuestas, muestreos y registros según sea necesario para asegurar que los planes a futuro harán uso de la mejor y más reciente información.

- El desarrollo en el área se supervisará a través de un programa de monitoreo, que podría contener los siguientes tipos de actividades:
 - Monitoreo del desarrollo del litoral y los perfiles costeros mediante estudios periódicos
 - Monitoreo de la información hidrográfica, tales como los niveles de agua y las olas
 - El registro de las estructuras costeras, y dragado de mantenimiento, etc.
 - Establecer una base de datos SIG para almacenar y acceso fácil a todos los datos relevantes

Así pues, el Plan de Manejo del Litoral le ofrece a los tomadores de decisiones, la información necesaria acerca de las consecuencias de las decisiones sobre el desarrollo futuro e identifica las unidades manejables (Unidades de Gestión) dentro del Plan de Manejo del Litoral.

Teniendo en cuenta que un Plan de Manejo del Litoral tiene una vida útil limitada debido al rápido desarrollo de la sociedad, y posible cambio en las preferencias, y para garantizar que todos los aspectos relevantes se incluyan siempre, es recomendable revisar el plan con regularidad.

El intervalo entre revisiones debe coordinarse con las otras autoridades de planificación involucradas/interesadas con respecto a cuándo deben revisar sus planes (se sugiere que se haga cada 4 -5 años).

