

SECRETARIA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
SUBSECRETARIA DE GESTION AMBIENTAL

CAMBIO CLIMÁTICO

Escenarios climáticos, vulnerabilidad y adaptación de la zona costera de la República Dominicana

Alejandro Herrera Moreno
Liliana Betancourt Fernández
Programa EcoMar

Capítulo 1. Introducción

Independientemente de cifras más conservadoras o más alarmantes, lo que si no está en dudas, es que el incremento acelerado del nivel del mar es uno de los impactos ciertos del calentamiento global. Los efectos físicos de tal elevación incluyen, entre otros impactos, la sumersión de las costas bajas, erosión, intrusión de agua salada, incremento del riesgo de inundaciones y los daños de las tormentas, así como cambios en los patrones hidrodinámicos y de transporte sedimentario. Estos cambios físicos pueden causar pérdidas socioeconómicas considerables en las infraestructuras y asentamientos humanos de la costa, además de las consecuencias ecológicas como la redistribución de los humedales, destrucción de arrecifes coralinos, pérdida de vida silvestre y cambios en las propiedades biofísicas de la zona costera (Pérez *et al.*, 1999). A ello se suma el impacto del propio incremento de la temperatura y los cambios esperados en los patrones de las precipitaciones.

Las zonas costeras se caracterizan por una rica diversidad de ecosistemas y un gran número de actividades socioeconómicas. Los ecosistemas se adaptan natural y dinámicamente a los cambios inducidos por los procesos costeros naturales en áreas donde el desarrollo de la infraestructura no es extenso y los ecosistemas se encuentran poco perturbados. Sin embargo, la mayor parte de la costa y sus ambientes enfrenta ya serios problemas derivados del desarrollo antrópico, lo que ha reducido la resiliencia y la adaptabilidad de los ecosistemas a la variabilidad climática así como al ascenso en el nivel del mar. El cambio del clima exacerbará estos problemas, llevando nuevos impactos potenciales a los ecosistemas y la infraestructura humana asentada en la zona costera (Watson *et al.*, 1997).

Para evitar y/o mitigar estos cambios es necesario evaluar lo antes posible cuáles son los impactos esperados para las costas dominicanas, de acuerdo a la vulnerabilidad de sus diferentes sectores, y formular estrategias con medidas de adaptación que contribuyan no solo a atenuar impactos futuros sino a resolver impactos actuales que reducen la vulnerabilidad del ambiente costero. El presente trabajo, amplía los primeros planteamientos globales de Herrera y Matos (2000) acerca de la vulnerabilidad y adaptación de la República Dominicana, particularizando esta vez en la zona costera y marina. Es nuestro objetivo describir los escenarios que caracterizan las diferentes regiones costeras del país en sus vertientes atlántica y caribeña, a partir de la información básica generada por Limia (2001) y brindar los primeros criterios teóricos y

metodológicos con sus correspondientes medidas de adaptación para marcar pautas que permitan continuar profundizando en este importante tema de la situación de la República Dominicana ante el impacto del calentamiento global.

Capítulo 2. Metodologías

Los aspectos considerados en el presente reporte se han adaptado de los pasos recomendados por el Subgrupo de Manejo de la Zona Costera (CZMS) del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 1990) para las evaluaciones de vulnerabilidad en la zona costera, que incluyen:

1. Definición del área de estudio y especificación de escenarios.
2. Inventario de las características del área de estudio.
3. Identificación de los factores relevantes de desarrollo.
4. Evaluación de los cambios físicos y de las respuestas de los sistemas naturales.
5. Formulación de estrategias de respuesta y evaluación de sus costos y efectos.
6. Evaluación del perfil de vulnerabilidad y valoración de resultados.
7. Identificación de necesidades y plan de acción.

Para efectos de este informe, entenderemos como zona costera el espacio geográfico que abarca la fase interactiva entre el océano y la tierra, así como las interconexiones de los ecosistemas que en dicho espacio se encuentran y las diferentes actividades socioeconómicas directamente relacionadas con ella. Adicionalmente, a lo largo de este informe se utiliza el término Zona Marino Costera (ZMC) como sinónimo de zona costera (ZC) para hacer notar que tanto la parte marina como la terrestre forman una unidad funcional.

Para el inventario general de las características del área de estudio, base del análisis de vulnerabilidad, se realizó una búsqueda de información referida a los factores físico-naturales y socioeconómicos. Se revisó una parte importante de la literatura sobre biodiversidad marina existente en el país priorizando la información de los ecosistemas más vulnerables al cambio climático como manglares, arrecifes coralinos y playas. Para los manglares se analizó la información existente sobre las superficies de manglares a nivel nacional para seleccionar las cifras más adecuadas. Se seleccionaron finalmente los datos de TR&D (1992) y se organizaron por provincias costeras.

Para el análisis de vulnerabilidad de las playas se recopilaron datos de casi 200 playas de la República Dominicana (InfoSinergia, 2000; Franco, 2000) ordenando los datos morfométricos de longitud, ancho y superficie, por provincias costeras. Para los arrecifes coralinos se recopiló y analizó toda la información existente desde 1976 al presente.

La información socioeconómica relevante con el análisis de vulnerabilidad y adaptación de los asentamientos humanos al cambio climático, se obtuvo de ONE (1993) utilizando sus estimados demográficos para el año 2000 de las provincias costeras. Los datos iniciales incluyeron número de habitantes, superficie, densidad poblacional y número de viviendas. La información primaria fue refinada considerando solo las cifras pertenecientes a los municipios costeros con el interés de acotar lo más posible el análisis al borde costero. Por ejemplo, para estimar el número de viviendas costeras a partir de las cifras de número de viviendas de todo el país se estableció la ecuación de regresión: $\text{Número de viviendas} = 0.2601 \text{ Número de habitantes} - 696.5$ ($r = 0.998$),

a partir de un análisis de correlación lineal. En los casos de las provincias La Altagracia y el Distrito Nacional se utilizó el criterio de un 30% de los estimados para adjudicar los valores del borde costero, por ser difícil de delimitar la información particular más cercana a la costa.

Para la evaluación del turismo costero se recopiló información de infraestructuras, áreas de buceo y desenvolvimiento económico de la industria en los principales polos turísticos del país. Para el análisis de vulnerabilidad de las pesquerías se emplearon los datos socioeconómicos de Colom *et al.* (1990) que dividen la línea costera en cinco zonas pesqueras de importancia: Norte, Nordeste, Este, Sur y Suroeste.

Durante el análisis de impactos biogeofísicos y efectos socioeconómicos se implementaron diferentes índices de vulnerabilidad a partir de algunos indicadores relevantes a las diferentes situaciones. Estos indicadores pueden encerrar imprecisiones pero tienen el objetivo de ofrecer un cuadro cuantitativo preliminar además de brindar criterios sencillos de análisis ante la carencia de información actual, que puedan ser refinados en el futuro. Todos los resultados se analizan para las diferentes provincias costeras, pero en el caso particular de Samaná y La Altagracia las provincias se dividieron en subregiones, que en la primera incluyeron tres: Península N, S y E, y en la segunda las Costa NE y la Costa SE.

2.1. Definición del área de estudio

El borde costero de la República Dominicana se extiende por unos 1,570 km (824 km de costa atlántica y 752 km de costa caribeña), de los cuales 1,473 km corresponden a la Isla y 97 km a sus cayos e islotes. Las provincias costeras y sus numerosos cayos e islotes ocupan una extensión de 27,437 km², o sea un 56.3% de los 48,730 km² de extensión total del territorio nacional. El 64% de la población total se asienta en las provincias costeras, lo que equivale a casi cinco millones de dominicanos. La plataforma insular es muy estrecha, con unos 5.3 km de ancho promedio. Su superficie alcanza unos 8,000 km² equivalente a un 16.5% de la superficie del país (Marcano, 2000).

El área de estudio definida en el presente reporte se refiere solamente a la zona costera de la Isla, tratando de ajustar lo más posible los probables impactos al entorno más cercano a la línea de costa. Para ello, en esta primera aproximación se trabajó solamente con los datos de las dieciséis provincias costeras (Fig. 1). Sin embargo, aclaramos que en el caso del análisis socioeconómico – particularmente en los asentamientos humanos- es imprescindible refinar la evaluación en sentido espacial, tratando de delimitar los sectores socioeconómicos que se asientan más directamente en el borde costero.

En el caso de los ecosistemas sublitorales se consideró la información disponible sobre toda la región de la plataforma. Aunque este trabajo está referido al borde costero dominicano, se debe destacar que el área total marina bajo la jurisdicción de la República Dominicana, incluyendo la zona económica exclusiva, es de unos 138,000 km² (Marcano, 2000). Considerando el papel del océano y algunos de sus componentes bióticos y abióticos como almacén de CO₂ (Aurell, 2000), esta región debe ser considerada en relación con su función en el control de los efectos de las emisiones de gases de invernadero a la atmósfera.

2.2. Especificación de escenarios

Por definición, el escenario climático es una representación del clima futuro que es internamente consistente y que se construye empleando métodos basados en principios científicos que puede ser utilizado para comprender las respuestas de los sistemas ambientales y sociales ante el futuro cambio climático (Viner y Hulme, 1992).

El trabajo de Limia (2001) ofrece un excelente panorama de los escenarios climáticos para la República Dominicana a partir de la combinación de los modelos MAGIC (Model for the Assessment of Greenhouse-gas Induced Climate Change) y SCENGEN (Scenario Generator) y tomando como línea base climática el período 1961-1990, proveniente de los datos históricos de 34 estaciones termo-pluviométricas del Instituto Dominicano de Recursos Hidráulicos y el Instituto de Meteorología. Dicho informe constituye la base para la creación de nuestros escenarios en la zona costera. Para el caso del incremento de temperatura se manejaron los datos correspondientes a las estaciones meteorológicas situadas más cerca de la costa, como: Monte Cristi, Cabrera, Samaná, Punta Cana, Santo Domingo, San Cristóbal, Baní, Azua, Oviedo y Pedernales. Se consideraron asimismo las dos celdas del Modelo SCENGEN que cubren la República Dominicana, disponibles en los resultados del modelo climático global (Fig. 1).

2.2.1. Ascenso del nivel del mar

Los escenarios climáticos de elevación del nivel del mar que se utilizan en el presente informe (Tabla 1) corresponden a la tendencia global identificada por el IPCC mediante los escenarios IS92 a-f, que consideran tres posibilidades:

- Un escenario optimista/bajo (IS92-c) que considera que el nivel del mar se puede incrementar en 12.71 cm, para el 2100, bajo la hipótesis básica de baja sensibilidad del clima ($T=1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$), un escenario de emisiones bajo y parámetros de derretimiento bajos.
- Un escenario intermedio (IS92-a) que provoca una elevación del nivel del mar de 55.19 cm, para el 2100 (aerosoles constantes), sustentado en una sensibilidad intermedia del clima ($T=2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$), un escenario de emisiones intermedio y parámetros de derretimiento intermedios.
- Un escenario pesimista/moderado (IS92-f) en el cual la elevación del nivel del mar se puede incrementar hasta 105.67 cm, para el 2100 (aerosoles constantes), sustentado en una alta sensibilidad del clima ($T=4.5\text{ }^{\circ}\text{C}$), un alto escenario de emisiones y la prevalencia de altos parámetros de derretimiento.

Tabla 1. Incremento del nivel del mar (cm) para la República Dominicana, según los escenarios de emisión considerados.

Escenarios	Años			
	2010	2030	2050	2100
IS92c	1.47	3.77	6.53	12.71
IS92a	4.73	12.33	22.75	55.19

IS92f	13.55	26.73	47.27	105.67
-------	-------	-------	-------	--------

Tabla 2. Tasas de incremento del nivel del mar (cm/año) para la República Dominicana según los escenarios de emisión considerados.

Escenarios	Intervalos de años		
	2010-2030	2030-2050	2050-2100
IS92c	0.12	0.14	0.12
IS92a	0.38	0.52	0.65
IS92f	0.66	1.01	1.17

En muchos estudios se maneja como extremo un escenario pesimista/alto (IS92-e) en el cual la elevación del nivel del mar varía entre 94 cm (con aerosoles) y 110 cm (aerosoles constantes). Las hipótesis que sustentan este escenario son una alta sensibilidad del clima ($T=4.5\text{ }^{\circ}\text{C}$), un alto escenario de emisiones y la prevalencia de altos parámetros de derretimiento. Tal escenario no fue utilizado en nuestra evaluación.

Estos incrementos del nivel del mar, de acuerdo a los escenarios especificados, implican tasas de incremento anual diferentes (Tabla 2), las cuales alcanzan entre 0.12 y 0.14 cm/año para el IS92c, entre 0.38 y 0.65 cm/año para el IS92a y entre 0.66 y 1.17 cm/año para el IS92f. Se debe notar en la Tabla 2 que además del incremento del nivel del mar, también parece que se espera un incremento en la tasa a la cual esto ocurra. Ello se observa en las variaciones de las pendientes de las curvas de la Fig. 2.

Los patrones que brindan los escenarios climáticos no pudieron ser corroborados con datos reales de las variaciones del nivel del mar en el país. Según HHA (1998), en la República Dominicana solamente han operado tres estaciones oficiales y una privada con mareógrafos, pero los registros no han sido sistemáticos. Las oficiales han estado bajo la jurisdicción del Instituto Cartográfico Militar y se encuentran en los puertos de Barahona, Puerto Plata y Boca Chica. La privada pertenece al Central Romana. Ninguna funciona desde hace años. La información sobre las mareas en el país es escasa. En general se plantea que son generalmente del tipo diurno con una escasa amplitud. Se conoce que las mareas en la Bahía de Andrés en Boca Chica tienen una amplitud de 0.26 cm (ENRON, 2000).

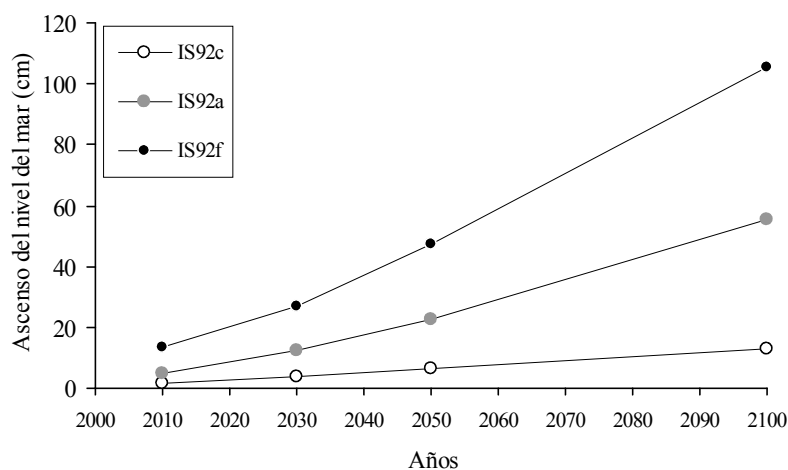


Figura 2. Ascenso previsto del nivel del mar en la República Dominicana, de acuerdo a los tres escenarios de emisión establecidos.

Ello coincide con lo señalado por Holsteinson (1998) que da valores de +0.12 cm para la pleamar media y -0.10 cm, para la bajamar media (amplitud estimada de 22 cm) aunque en sus extremos, la pleamar y la bajamar pueden alcanzar respectivamente, entre 0.40 y -0.30 cm (Tabla 3). Los datos que suministra este autor están también en el orden de los reportados por AES (2000).

Tabla 3. Comparación entre los niveles observados de la marea (cm) en dos regiones del país.

Mareas observadas	La Romana		Boca Chica
	HHA (1998)	AES (2000)	HHA (1998)
Marea alta máxima	+0.340	+0.397	+0.400
Marea alta promedio	+0.130	+0.128	+0.120
Nivel promedio de la marea	-	+0.006	-
Nivel promedio del mar	0.000	0.000	0.000
Marea baja promedio	-0.100	-0.116	-0.100
Marea baja mínima	-0.220	-0.336	-0.300

2.2.2. Incremento de la temperatura

Para la definición de escenarios de incremento de temperatura se utilizó la serie de 1961 a 1990, para diez provincias costeras (Tabla 4). Considerando los resultados del Modelo SCENGEN que subdivide al país en dos celdas (Fig. 1) y las diferencias que existen en el patrón térmico de la costa y el mar en las vertientes atlántica y caribeña (Fig. 3), se diferenciaron cuatro áreas con el interés de analizar el efecto de la temperatura sobre la zona costera. Las áreas consideradas fueron: a) C1/RA Celda 1/Región Atlántica, b) C2/RA Celda 2/Región Atlántica, c) C1/RC Celda 1/Región Caribeña y d) C2/RC Celda 2/Región Caribeña (Tabla 5).

Las diferencias en el patrón térmico, tanto del aire como del agua en la superficie del mar (esta última según datos de De la Fuente, 1976) en las costas atlántica (N) y caribeña (S), constituyó una peculiaridad en el análisis de los escenarios climáticos de incremento de temperatura en la República Dominicana. La Fig. 3 muestra que la región caribeña es más cálida que la atlántica, tanto en la temperatura del agua, como la del aire, las cuales se encuentran estrechamente interrelacionadas, con valores del coeficiente de correlación entre 0.70 y 0.84 (Fig. 4 y 5).

Tabla 4. Promedio estacional y anual de la temperatura del aire (°C) para varias estaciones meteorológicas costeras de la República Dominicana, estimados a partir de la serie de datos 1961-1990. Las coordenadas indican la posición al este y al oeste del paralelo 70°, en correspondencia con las Celdas 1 y 2 del Modelo SCENGEN (ver Fig. 1).

Estación	Long	Lat.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Punta Cana	-68.37	18.57	24.83	24.73	25.09	25.60	26.47	27.24	27.56	27.77	27.62	27.07	26.33	25.23	26.30
S. Domingo	-69.83	18.48	24.45	24.46	24.96	25.68	26.31	26.90	27.10	27.10	27.05	26.70	26.02	24.95	25.97
Cabrera	-69.90	19.63	24.69	24.75	25.24	25.66	26.13	26.76	26.85	26.92	26.88	26.60	25.88	25.05	25.95
Samaná	-69.33	19.20	24.14	24.36	25.11	25.64	26.64	27.67	27.93	27.89	27.74	27.28	25.69	24.62	26.23
S. Cristóbal	-70.10	18.42	24.38	24.46	25.08	25.95	26.40	26.92	27.47	27.44	27.23	26.81	25.97	24.84	26.08
Azua	-70.73	18.45	25.24	25.57	26.20	26.80	27.30	27.75	28.49	28.59	28.11	27.42	26.64	25.56	26.97
Baní	-70.33	18.27	25.91	26.09	26.80	27.40	27.68	27.99	28.67	28.53	28.18	27.65	27.02	25.97	27.32

Monte Cristi	-71.63	19.85	24.11	24.51	25.17	25.88	27.02	28.20	28.40	28.55	28.31	27.57	26.00	24.53	26.52
Oviedo	-71.37	17.78	24.12	24.46	25.36	25.98	26.56	27.15	27.83	28.1	27.61	26.61	25.47	24.24	26.12
Pedernales	-71.73	18.03	25.40	25.43	25.95	26.75	27.67	28.63	29.72	29.78	29.39	28.65	27.30	26.06	27.56
Promedio			24.73	24.88	25.50	26.13	26.82	27.52	28.00	28.07	27.81	27.23	26.23	25.11	26.50

Tabla 5. Promedio estacional y anual de la temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$) para varias estaciones meteorológicas costeras de la República Dominicana, estimados a partir de la serie de datos 1961-1990, separadas por celdas y regiones costeras atlántica y caribeña.

Celda/Región	Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
C1/RA	Monte Cristi	24.11	24.51	25.17	25.88	27.02	28.20	28.40	28.55	28.31	27.57	26.00	24.53	26.52
C2/RA	Punta Cana	24.83	24.73	25.09	25.60	26.47	27.24	27.56	27.77	27.62	27.07	26.33	25.23	26.30
	Cabrera	24.69	24.75	25.24	25.66	26.13	26.76	26.85	26.92	26.88	26.60	25.88	25.05	25.95
	Samana	24.14	24.36	25.11	25.64	26.64	27.67	27.93	27.89	27.74	27.28	25.69	24.62	26.23
C1/RC	Azua	25.24	25.57	26.20	26.80	27.30	27.75	28.49	28.59	28.11	27.42	26.64	25.56	26.97
	Baní	25.91	26.09	26.80	27.40	27.68	27.99	28.67	28.53	28.18	27.65	27.02	25.97	27.32
	S. Cristóbal	24.38	24.46	25.08	25.95	26.40	26.92	27.47	27.44	27.23	26.81	25.97	24.84	26.08
	Oviedo	24.12	24.46	25.36	25.98	26.56	27.15	27.83	28.10	27.61	26.61	25.47	24.24	26.12
	Pedernales	25.40	25.43	25.95	26.75	27.67	28.63	29.72	29.78	29.39	28.65	27.30	26.06	27.56
C2/RC	S. Domingo	24.45	24.46	24.96	25.68	26.31	26.90	27.10	27.10	27.05	26.70	26.02	24.95	25.97
	Prom. C1	24.86	25.09	25.76	26.46	27.10	27.77	28.43	28.50	28.14	27.45	26.40	25.20	26.76
	Prom. C2	24.53	24.58	25.10	25.64	26.39	27.14	27.36	27.42	27.32	26.91	25.98	24.96	26.11
	Prom. RA	24.44	24.59	25.15	25.69	26.56	27.47	27.68	27.78	27.64	27.13	25.97	24.86	26.25
	Prom. RC	24.92	25.08	25.72	26.43	26.99	27.56	28.21	28.26	27.93	27.31	26.40	25.27	26.67
	Prom. C1/RA	24.11	24.51	25.17	25.88	27.02	28.20	28.40	28.55	28.31	27.57	26.00	24.53	26.52
	Prom. C1/RC	25.01	25.20	25.88	26.58	27.12	27.69	28.43	28.49	28.10	27.43	26.48	25.33	26.81
	Prom. C2/RA	24.55	24.61	25.15	25.63	26.41	27.22	27.44	27.53	27.41	26.98	25.97	24.97	26.16
	Prom. C2/RC	24.45	24.46	24.96	25.68	26.31	26.90	27.10	27.10	27.05	26.70	26.02	24.95	25.97

Además existe también un alto grado de relación entre la temperatura del aire y del agua, tanto para la región caribeña (Fig. 4) como atlántica (Fig. 5), cuya marcha estacional es muy similar en ambas, con las diferencias naturales de que el agua permanece más tiempo con mayor temperatura a partir del pico de verano, debido a la inercia térmica del océano.

A partir de esta información se construyeron escenarios climáticos para las cuatro áreas a partir de los promedios anuales (Tabla 6). Estos valores reflejan las tendencias estimadas de incremento para cada celda y región del país hasta el año 2100.

Tabla 6. Incrementos promedios esperados de la temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$) por celda y región costera del país para los escenarios climáticos establecidos.

Escenarios	Celda/Región	2010	2030	2050	2100
IS92c	C1/RA	26.821	26.921	27.121	27.221
	C2/RA	26.457	26.557	26.757	26.857
	C1/RC	26.923	27.023	27.223	27.323
	C2/RC	26.274	26.374	26.574	26.674
IS92a	C1/RA	26.921	27.321	27.821	28.821
	C2/RA	26.557	26.957	27.457	28.457
	C1/RC	27.211	27.611	28.111	29.111
	C2/RC	26.374	26.774	27.274	28.274

IS92f	C1/RA	27.121	27.821	28.621	30.821
	C2/RA	26.757	27.457	28.157	30.157
	C1/RC	27.411	28.111	28.911	31.111
	C2/RC	26.574	27.274	27.974	29.974

Los incrementos esperados de temperatura del aire bajo diferentes escenarios (Tabla 5) tendrán su reflejo en un incremento de la temperatura del agua. En ausencia de información más detallada, la única forma de estimar, de manera preliminar, los cambios en el patrón térmico de la masa de agua costera asociados al calentamiento global es a través de las ecuaciones de regresión (Figs. 4 y 5). Ello debe tomarse solo como un intento de tener una idea del posible incremento, ya que las relaciones están basadas en un escaso número de datos. Por ello, los cálculos se hicieron solo para el escenario IS92a, con lo cual se examina el impacto del calentamiento global en la masa de agua costera del país considerando un escenario intermedio.

Las Tablas 7, 8, 9 y 10, muestran el patrón estacional de la temperatura del aire y del agua para los cuatro intervalos temporales fijados y la Tabla 11 resume los incrementos promedios esperados para la temperatura en la masa de agua costera. Esta tabla es análoga a la Tabla 5. Nótese como el efecto de un coeficiente de correlación más bajo entre la temperatura del agua y el aire para los datos de la región caribeña introduce cierta inconsistencia en los resultados finales (Tabla 8 y 10). Por ello se reitera el carácter preliminar y exploratorio de este análisis.

Tabla 7. Variación estacional de la temperatura del aire y del agua en la superficie del mar (°C) en el área C1/RA, partir de la base actual (1990) y para cuatro períodos de tiempo, considerando el escenario IS92a. Se indican con un asterisco (*) los valores inconsistentes por efecto de la correlación.

Lugar	Años	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
AIRE	1990	24.11	24.51	25.17	25.88	27.02	28.20	28.40	28.55	28.31	27.57	26.00	24.53	26.52
AGUA		24.60	24.40	24.70	24.70	25.70	27.00	27.50	28.00	28.10	27.70	26.50	25.50	26.20
AIRE	2010	24.51	24.91	25.57	26.28	27.42	28.60	28.80	28.95	28.71	27.97	26.40	24.93	26.92
AGUA		24.85	25.18	25.73	26.31	27.26	28.23	28.40	28.52	28.33	27.71	26.41*	25.20*	26.84
AIRE	2030	24.91	25.31	25.97	26.68	27.82	29.00	29.20	29.45	29.21	28.47	26.80	25.33	27.35
AGUA		25.18	25.52	26.06	26.64	27.59	28.56	28.73	28.93	28.74	28.12	26.74	25.53	27.20
AIRE	2050	25.21	25.71	26.37	27.18	28.32	29.50	29.60	29.85	29.61	28.87	27.20	25.83	27.77
AGUA		25.43	25.85	26.39	27.06	28.00	28.98	29.06	29.26	29.07	28.45	27.07	25.94	27.55
AIRE	2100	26.21	26.71	27.27	28.18	29.42	30.50	30.60	30.95	30.71	29.97	28.30	26.73	28.80
AGUA		26.26	26.67	27.13	27.88	28.91	29.80	29.88	30.17	29.98	29.36	27.98	26.69	28.39

Tabla 8. Variación estacional de la temperatura del aire y del agua en la superficie del mar (°C) en el área C2/RA, partir de la base actual (1990) y para cuatro períodos de tiempo, considerando el escenario IS92a. Se indican con un asterisco (*) los valores inconsistentes por efecto de la correlación.

Lugar	Años	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
AIRE	1990	24.55	24.61	25.15	25.63	26.41	27.22	27.44	27.53	27.41	26.98	25.97	24.97	26.16
AGUA		24.60	24.40	24.70	24.70	25.70	27.00	27.50	28.00	28.10	27.70	26.50	25.50	26.20
AIRE	2010	24.95	25.01	25.55	26.03	26.81	27.62	27.84	27.93	27.81	27.38	26.37	25.37	26.56
AGUA		25.22	25.27	25.71	26.11	26.75	27.42	27.61	27.67*	27.58*	27.22*	26.39*	25.56	26.54
AIRE	2030	25.35	25.41	25.95	26.43	27.21	28.02	28.24	28.33	28.21	27.78	26.77	25.77	26.96
AGUA		25.55	25.60	26.04	26.44	27.09	27.76	27.94	28.01	27.91*	27.56*	26.72	25.89	26.87

AIRE 2050	25.75	25.81	26.35	26.93	27.71	28.52	28.64	28.83	28.71	28.28	27.27	26.17	27.42
AGUA	25.88	25.93	26.37	26.85	27.50	28.17	28.27	28.42	28.33	27.97	27.13	26.22	27.25
AIRE 2100	26.65	26.81	27.35	27.93	28.71	29.52	29.64	29.93	29.81	29.38	28.27	27.17	28.43
AGUA	26.62	26.76	27.20	27.68	28.32	28.99	29.09	29.33	29.23	28.88	27.96	27.05	28.09

Tabla 9. Variación estacional de la temperatura del aire y del agua en la superficie del mar ($^{\circ}\text{C}$) en el área C1/RC, partir de la base actual (1990) y para cuatro períodos de tiempo, considerando el escenario IS92a. Se indican con un asterisco (*) los valores inconsistentes por efecto de la correlación.

Lugar	Años	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
AIRE	1990	25.01	25.20	25.88	26.58	27.12	27.69	28.43	28.49	28.10	27.43	26.48	25.33	26.81
AGUA		26.00	25.70	25.70	26.10	26.80	27.40	27.70	28.10	28.20	28.10	27.60	26.70	27.01
AIRE	2010	25.41	25.60	26.28	26.98	27.52	28.09	28.83	28.89	28.50	27.83	26.88	25.73	27.21
AGUA		24.97*	25.18*	25.89	26.64	27.22	27.82	28.62	28.68	28.26	27.54*	26.54*	25.31*	26.89*
AIRE	2030	25.81	26.00	26.68	27.38	27.92	28.49	29.23	29.39	29.00	28.33	27.28	26.13	27.64
AGUA		25.40*	25.60*	26.32	27.06	27.65	28.25	29.04	29.21	28.80	28.08*	26.96*	25.74*	27.34
AIRE	2050	26.11	26.40	27.08	27.88	28.42	28.99	29.63	29.79	29.40	28.73	27.68	26.63	28.06
AGUA		25.72*	26.03	26.74	27.60	28.18	28.78	29.47	29.64	29.22	28.50	27.39*	26.27*	27.79
AIRE	2100	27.11	27.40	27.98	28.88	29.52	29.99	30.63	30.89	30.50	29.83	28.78	27.53	29.09
AGUA		26.78	27.09	27.70	28.66	29.35	29.85	30.53	30.81	30.39	29.67	28.56	27.23	28.89

Tabla 10. Variación estacional de la temperatura del aire y del agua en la superficie del mar ($^{\circ}\text{C}$) en el área C2RC, partir de la base actual (1990) y para cuatro períodos de tiempo, considerando el escenario IS92a. Se indican con un asterisco (*) los valores inconsistentes por efecto de la correlación.

Lugar	Años	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
AIRE	1990	24.45	24.46	24.96	25.68	26.31	26.90	27.10	27.10	27.05	26.70	26.02	24.95	25.97
AGUA		26.00	25.70	25.70	26.10	26.80	27.40	27.70	28.10	28.20	28.10	27.60	26.70	27.01
AIRE	2010	24.85	24.86	25.36	26.08	26.71	27.30	27.50	27.50	27.45	27.10	26.42	25.35	26.37
AGUA		24.38*	24.38*	24.92*	25.68*	26.36*	26.99*	27.19*	27.20*	27.14*	26.77*	26.05*	24.91*	26.00*
AIRE	2030	25.25	25.26	25.76	26.48	27.11	27.70	27.90	27.90	27.85	27.50	26.82	25.75	26.77
AGUA		24.80*	24.81*	25.34*	26.11	26.78*	27.41	27.62*	27.63*	27.57*	27.20*	26.48*	25.33*	26.42*
AIRE	2050	25.65	25.66	26.16	26.98	27.61	28.20	28.30	28.40	28.35	28.00	27.32	26.15	27.23
AGUA		25.23*	25.24*	25.77	26.64	27.32	27.95	28.04	28.16	28.10*	27.73*	27.01*	25.76*	26.91*
AIRE	2100	26.55	26.66	27.16	27.98	28.61	29.20	29.30	29.50	29.45	29.10	28.32	27.15	28.25
AGUA		26.19	26.30	26.83	27.71	28.38	29.01	29.11	29.33	29.27	28.90	28.07	26.82	27.99

A nivel de valores promedios (Tabla 11) los incrementos de la temperatura superficial del agua en la zona costera indican una diferencia D_T ($D_T = T_{\text{actual}} - T_{\text{período dado}}$), del orden de 2.144, 1.843, 1.879 y 0.987 $^{\circ}\text{C}$, para las áreas C1/RA, C2/RA, C1/RC y C2/RC, respectivamente, para el 2100. Quiere esto decir que para un escenario intermedio, la temperatura del agua en la costa sería como promedio de 1 a casi 3 $^{\circ}\text{C}$, superior a la actual en ese período. En el caso del área C2/RC el promedio para el 2010 (25.997 $^{\circ}\text{C}$) es menor que el valor base (27.008 $^{\circ}\text{C}$). Ello es inconsistente con el patrón de aumento y es una muestra del sesgo introducido por la correlación.

Tabla 11. Incrementos promedios esperados de la temperatura superficial del agua ($^{\circ}\text{C}$) por celda y región costera del país para el escenario climático IS92a, estimados a manera de ejemplo a partir de las ecuaciones de regresión.

Celda/Región	1990	2010	2030	2050	2100
C1/RA	26.250	26.844	27.195	27.547	28.394

C2/RA		26.543	26.874	27.252	28.093
C1/RC	27.008	26.889 ^a	27.342	27.795	28.887
C2/RC		25.997 ^a	26.423 ^a	26.912 ^a	27.995

^a Patrón inconsistente debido al efecto de la correlación.

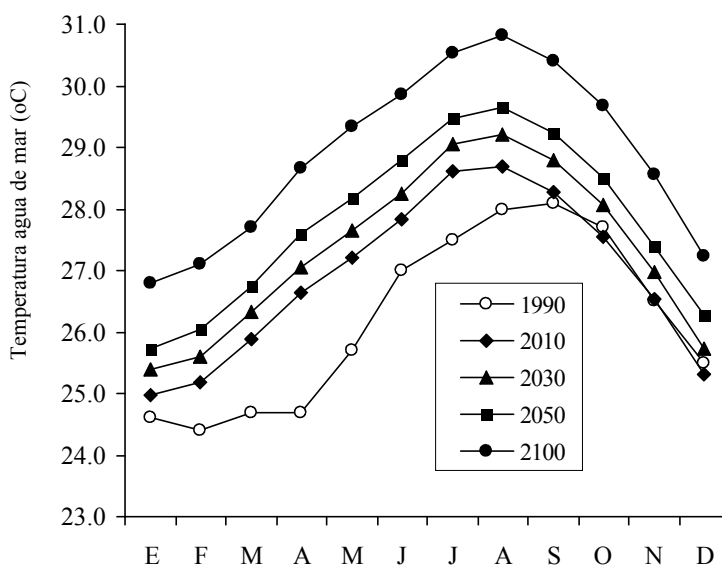
Tabla 12. Resumen de los intervalos de incremento de temperatura (°C) por regiones y períodos de tiempo para el escenario climático IS92a.

Celda/Región	1990	2010	2030	2050	2100
C1/RA	24.60 – 28.10	24.85 – 28.52	25.18 – 28.93	25.43 – 29.26	26.26 – 30.17
C2/RA		25.22 – 27.67 ^b	25.25 – 28.01	25.88 – 28.42	26.62 – 29.33
C1/RC	26.00 – 28.20	24.97 ^a – 28.68	25.40 ^a – 29.21	25.72 ^a – 29.64	26.78 – 30.81
C2/RC		24.38 ^a – 27.20 ^b	24.80 ^a – 27.63 ^b	25.23 ^a – 28.16 ^b	26.19 – 29.33

^a Patrón inconsistente en el mínimo debido al efecto de la correlación. ^b Patrón inconsistente en el máximo debido al efecto de la correlación.

Sin embargo, como se observa en la Tabla 12, el efecto a nivel de valores máximos y mínimos refleja cambios mucho más notables. Dentro de 10 años, por ejemplo, la temperatura mínima invernal del agua en la región atlántica estará entre 0.3 a casi 1 °C superior al nivel base, mientras que la máxima de verano será superior en 0.4 °C. Con el incremento previsto hacia el 2100 las mínimas de invierno se irán acercando a las temperaturas actuales máximas de verano.

Esta situación se explica en la Fig. 6, que muestra las variaciones estacionales de la temperatura del agua para el área C1/RC de República Dominicana (ver Fig. 1), comparando el patrón base de temperatura con los incrementos mensuales esperados, considerando un escenario intermedio de emisiones. La tendencia se muestra solo para el área C1/RC, que refleja los mayores valores máximos (30.81 °C), pero en general el patrón se repite para las otras tres áreas consideradas. Como puede verse en la Fig. 6, las mayores diferencias tendrán lugar en la primavera y el verano, pero en general el patrón estacional se verá seriamente alterado. Ello implica un importante desajuste hidroclimático que puede tener incidencia particular en todos los procesos físicos, químicos y biológicos acoplados a la marcha estacional de la temperatura.



Meses

Figura 6. Variaciones estacionales de la temperatura del agua para el área C1/RC de República Dominicana comparando el patrón base de temperatura con los incrementos mensuales esperados, para el escenario IS92a.

Capítulo 3. Inventario general de las características del área de estudio

3.1. Factores físico-naturales

3.1.1. Biodiversidad

La información existente sobre los ecosistemas para las provincias costeras es heterogénea y dispersa aunque existen algunas importantes revisiones. PRONATURA (1993) brinda el primer diagnóstico integrado de la zona costera marina. Posteriormente, CIBIMA (1994) ofrece un resumen de usos, impactos y ecosistemas de la biodiversidad costera y marina y lista unas 1231 especies pertenecientes a 35 grupos taxonómicos. Más recientemente Ottenwalder, Herrera y Betancourt (1998) actualizan el conocimiento de la biodiversidad nacional brindando nueva información de nuestros ecosistemas y listando 2788 especies de 49 grupos taxonómicos. Los ecosistemas más significativos en la zona costera y marina, incluyen: estuarios, lagunas costeras, costas rocosas (bajas o acantiladas); pastos marinos, bancos oceánicos, playas arenosas, manglares y arrecifes coralinos. A los efectos de este análisis particularizaremos en los tres últimos, que resultan los más vulnerables a los impactos del calentamiento global.

Manglares.- Considerados entre los ecosistemas costeros más importantes del país, los manglares ocupan una superficie que ha sido estimada entre cifras tan dispares como 90 km² (Saenger *et al.*, 1983; Ellison y Farnsworth, 1996) y 410 km² (Suman, 1994). Los trabajos de TR&D (1992) y Tolentino y Peña (1998), que emplean imágenes de satélite, brindan estimados intermedios muy similares (260 y 212 km², respectivamente) que están en el orden de los 240 km² de CIBIMA (1984), que realizó un minucioso inventario nacional (Tabla 13).

La distribución actual de las áreas de manglares en las diferentes provincias costeras depende de factores tales como la extensión de la cuenca hidrográfica, la magnitud del aporte de agua dulce y las características fisiográficas particulares de los sectores de costa. De ahí que estén presentes los cuatro tipos básicos: de cuenca, de ribera, de borde e inundación; con diferencias en la abundancia y distribución de nuestras especies: *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle prieto o negro), *Conocarpus erectus* (mangle prieto o botón) y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco). En el presente tres provincias costeras carecen de bosques de manglares y las mayores extensiones de éstos se encuentran en Samaná, Montecristi y La Altagracia que tienen en total casi el 70% de los manglares de la costa dominicana (Tabla 14).

Tabla 13. Datos cronológicos de estimados del área de manglares de la República Dominicana (según PNUD, 2000).

Año	Area (km ²)	Referencias
1980	102	CRIES, 1980
1981	102	Hartshorn <i>et al.</i> , 1981
1983	90	Saenger <i>et al.</i> , 1983
1984	240	CIBIMA, 1984
1992	260	TR&D, 1992

1994	325	Alvarez, 1994
1994	410	Suman, 1994
1996	90	Ellison y Farnsworth, 1996
1998	212	Tolentino y Peña, 1998

Tabla 14. Distribución de las áreas de manglares por provincias costeras (recalculado a partir de los datos cartográficos de TR&D, 1992).

Provincias costeras	Superficie (km ²)	Porcentaje (%)
La Romana	0	0
Distrito Nacional	0	0
San Cristóbal	0	0
Peravia	0.3	0.1
Barahona	0.7	0.3
Azua	1.9	0.7
San Pedro de Macorís	4.3	1.7
Españat	4.7	1.8
María Trinidad Sánchez	5.4	2.1
Puerto Plata	6.2	2.4
Hato Mayor	14.9	5.7
El Seibo	21.1	8.1
Pedernales	25.4	9.8
La Altagracia	34.8	13.4
Montecristi	58.3	22.4
Samaná	82.1	31.6
Total	260.1	100.0

Playas arenosas.- Para nuestro análisis de vulnerabilidad hemos analizado los datos de dos fuentes tratando de buscar su nivel de confiabilidad (Tabla 14) y se han recopilado datos de casi 200 playas (Tabla 15). CIBIMA (1994) brinda el inventario de unas 197 playas a lo largo de todo el país indicando su situación ambiental. InfoSinergia (2000) brinda en su homepage datos morfométricos y geográficos de prácticamente todas las playas de la República Dominicana y Franco (2000) brinda información geográfica y ambiental.

La información cuantitativa recopilada indica que la longitud de playa a nivel nacional alcanza unos 263,360 m, equivalentes a un 17.8% de nuestras costas, aunque este valor puede estar subestimado ya que se carece de los datos de muchas playas. La información que brindan dos fuentes de Internet con estimados por tramos costeros, reflejan una concordancia aceptable entre los estimados de extensión (Tabla 15) con valores de 223 y 262 km. La mayor cantidad de playas se reporta para Samaná, La Altagracia y Puerto Plata, aunque en estos valores puede influir el mayor conocimiento de algunas provincias por el mayor del número de estudios realizados. Las provincias y regiones con las mayores extensiones de playa son el noreste de La Altagracia con 51,500 m, Puerto Plata con 35,900 m y Samaná que al sur de la Península tiene 33,075 m y 28,255 m, al norte. Sin embargo, las playas de Samaná si bien son extensas son relativamente estrechas con franjas de menos de 15 m, mientras que las de La Altagracia y Puerto Plata sobrepasan los 50 m de ancho (Tablas 16 y 17).

Tabla 15. Datos de extensión de las playas (km) de la República Dominicana por tramos costeros, según dos fuentes.

Tramos costeros	Franco (2000)	InfoSinergia (2000)
Dajabón a Nagua	43	47

Nagua a Boca del Yuma	100	160
Boca del Yuma a Nigua	24	17
Nigua a Pedernales	56	38
Total	223	262

Tabla 16. Playas de la República Dominicana por provincias costeras, consideradas en el análisis de vulnerabilidad y adaptación de la zona costera.

Provincias	Playas
Azua	Blanca, Caracol, Monte Río, Palmar de Ocoa, Puerto Viejo
Barahona	Barahona, El Caletón, El Paraíso, Enriquillo, Guarocuya, La Ciénaga, Los Patos, Playa Barohuco, Punta Arena, Quemaditos, Saladilla, San Rafael
El Seibo	El Limón, El Morro, Hicacos, Jina, Laguna Redonda, Miches
Españillat	El Caribe, Escondida, La Ermita, Magante, Parador de la Mina, Playa Grande
Hato Mayor	Sabana de la Mar
La Altagracia	<i>Costa Noreste:</i> Arena Gorda, Bávaro, Cabeza de Toro, Canto Playa, El Cortecito, Eslabón, Juanillo, La Laguna, La Majagua, Los Irios, Los Martínez, Los Palos, Los Ranchitos, Playa del Muerto, Puerto Amargo, Punta Blanca, Punta Cana, Punta de Maimón, Punta Macao, Punta Sabaneta, Uvero Alto. <i>Costa Sureste:</i> Bayahibe, Dominicus
La Romana	La Caleta, Minitas, Playa Isla Catalina
María Trinidad Sanchez	Arroyo Salado, Caletón, El Bretón, El Diamante, Matancitas, Playa Grande, Poza de Bojolo, Preciosa, Río San Juan
Montecristi	El Morro, Estero Balsa, Montecristi, Punta Rucia
Pedernales	Cabo Rojo, Laguna Oviedo, Playa Larga
Peravia	Baní, Chiquita, Corbanito, Salinas, Santana
Puerto Plata	Bergantín, Cabarete, Cano Grande, Cofresí, Costambar, El Estero, Estero Hondo, Gurapito, La Ballena, La Ensenada, Long Beach, Playa Dorada, Playa Grande, Playa Guzmán, Puerto Chiquito, Puerto La Isla, Sosúa
Samaná	<i>Península Norte:</i> Las Cañitas, Batalá, Cossón, Bonita, Caño del Jobo, Maricó, Las Terrenas, Bobilanza, El Portillo, Calolina, El Anclón, Caño El Manglar, El Estillero, Los Coquitos, El Limón, Morón, Caletón, Lanza del Norte, Las Canas, Honda, El Ermitaño, El Valle/ <i>Península Este:</i> Rincón, El Bremán, Colorado, Caletón, El Coccalito, Irene, La Poza, Las Galeras, El Aserradero, Caleta, Madama, El Frontón, El Francés/ <i>Península Sur:</i> Anadel, Arroyo Hondo, Botadero, Carenero, Curete, Cutonga del Medio, Dosú, El Caletón, El Muelle, Forto, Grigrí, Gringos, La Aguada, La Chinguela, La Chorrera, La Mara, La Pascuala, La Petrona, La Playita, Las Flechas, Las Garitas, Liberato, Linares, Lirio, Los Cacaos, Los Cayaos, Los Corozos, Los Corrales, Los Gratinices, Los Naranjos, Los Robalos, Los Yagrumos, Majagual, Mangle, Mario, Mel, Vieja Lora, Puerto Escondido, Puerto Luis, Puerto Viejo, Punta de Medina, Punta Elvira, Punta Liberato, Río Los Cocos, Santa Barbara de Samaná, Sánchez, Sinencio, Villa Clara, Cayo Levantado
San Cristóbal	Linda, Najayo, Palenque
San Pedro	Cumayasa, Guayacanes, Juan Dolio, La Rata, La Sardina, Playa Caribe, Villas del Mar

Santo Domingo Boca Chica

Tabla 17. Resumen cuantitativo de datos morfométricos de las costas y playas y sus relaciones para las provincias costeras de la República Dominicana, empleadas en el análisis de adaptación y vulnerabilidad de la zona costera. Las provincias de Samaná y La Altagracia se han dividido en subregiones.

Provincias costeras y subregiones	Longitud de costa (m)	Longitud de playa (m)	Ancho promedio (m)	Superficie (m ²)
Azua	79,000	5,600	50.0	280,000
Barahona	88,400	18,900	21.4	404,460
El Seibo	65,600	26,700	35.8	955,860
Españillat	42,900	3,650	37.5	136,875
Hato Mayor	40,200	1,100	20.0	22,000
La Altagracia Total	208,900	59,100	44.5	2,629,950
La Altagracia Noreste	132,600	51,500	46.5	2,394,750
La Altagracia Sureste	68,300	3,000	40	120,000
La Romana	33,500	400	50.0	20,000
María Trinidad Sanchez	83,000	3,650	20.0	73,000
Montecristi	104,400	3,800	20.0	76,000
Pedernales	140,600	11,700	40.0	468,000
Peravia	71,000	7,400	41.7	308,580
Puerto Plata	150,000	35,900	51.3	1,841,670
Samaná Total	191,500	67,460	13.1	883,726
Samaná (Península N)	80,300	28,255	12.8	361,664
Samaná (Península E)	46,600	6,130	13.7	83,981
Samaná (Península S)	58,200	33,075	12.7	420,053
San Cristóbal	40,200	4,300	50.0	215,000
Santo Domingo	80,300	2,800	50.0	140,000
San Pedro de Macorís	53,600	9,900	50.0	495,000
Total	1,473,000	262,360*	38.9	10,205,804

Arrecifes coralinos.- Los arrecifes coralinos que bordean toda la Isla constituyen un ecosistema de extraordinaria importancia. Actualmente, se tiene información general sobre la situación de varios arrecifes a través de estudios ecológicos e inventarios en diferentes tipos y zonas arrecifales de las provincias costeras de Montecristi, Dajabón (Luczkovich, 1991; Geraldés *et al.*, 1998), Puerto Plata (Geraldés, 1994; Betancourt y Herrera, 2001), Samaná (Geraldés, 1994; Sang, 1994; 1996), La Altagracia (Williams *et al.*, 1983; Geraldés, 1994), San Pedro de Macorís y La Romana (Geraldés, 1994; 1995; 2000), Santo Domingo (Barnwell, 1977; Williams *et al.*, 1983; Geraldés, 1994, Geraldés y Bonnelly, 1978, Geraldés *et al.*, 1997), Azua, Baní, San Cristóbal (Almonte, 1976; Geraldés y Bonnelly, 1978) y Pedernales (Dirección Nacional de Parques, 1986; Weil, 1997). Los estudios de mayor importancia por su amplitud geográfica y la extensión temporal de los muestreos son los de Geraldés (1994) en catorce arrecifes a lo largo de toda la costa dominicana y Geraldés *et al.* (1998) con un estudio de dos años en los arrecifes de Montecristi.

Dentro del patrón de distribución de los arrecifes en la zona costera dominicana, que alcanzan un exuberante desarrollo en las plataformas de Montecristi, Bávaro y Pedernales la región de Samaná constituye un área especial pues la configuración semi-cerrada de su bahía unido al aporte de los caudales de los Ríos Yuna y Barracote imponen condiciones hidrológicas

fluctuantes, típicas de estuario, en una gran extensión (Ferrera *et al.*, 1990). Las especies de corales que sustentan los arrecifes en esta región alcanzan mayor desarrollo y diversidad, lejos de la influencia de la sedimentación y la turbidez. Así por ejemplo, para la costa SE de la Bahía de Samaná, en las inmediaciones de Cayo Levantado, Sang (1994) lista una especie del género *Millepora* y cuatro especies y cinco géneros de escleractíneos hasta 10 m de profundidad, lo cual contrasta con las listas del mismo autor en la costa N de la Península de Samaná hasta 20 m, de tres especies de mileporínidos y treinta y dos especies de escleractíneos (Sang, 1996). Aunque en estas diferencias influyen la profundidad y la amplitud de los muestreos ello también es un reflejo de las diferencias en la riqueza de especies de corales en los costados N y S de la Península, debido a diferencias ambientales.

En tal sentido es importante considerar la situación actual de nuestros arrecifes ya que de su estado de salud dependerá su capacidad de adaptación a los impactos del cambio climático. Si bien hay regiones como la Bahía de Samaná, donde por circunstancias naturales imponen cierta restricción a su desarrollo en otras, factores antrópicos como la contaminación costera ya están ejerciendo daños considerables. En las áreas litorales receptoras de contaminantes se han reportado diferentes grados de degradación de los arrecifes, incremento de la incidencia de la enfermedad de banda negra o la muerte de áreas extensas, relacionado con el aumento de nutrientes, la turbidez y la sedimentación (Geraldés, 1994; Sang, 1996). Para el arrecife de El Portillo, Geraldés (1994) reporta un incremento de la cobertura algal a valores de 67% y una reducción de la cobertura coralina a un 10%. Posteriormente, Sang (1996) registró valores de 79 y 6%, respectivamente, para los mismos parámetros de este arrecife. La cobertura algal, favorecida por el aumento de nutrientes ha llegado a alcanzar un 92% en el arrecife de Playa Dorada, Puerto Plata en de la Cuenca de la Costa Norte donde desembocan las aguas negras de complejos hoteleros (Geraldés, 1994). En esta misma cuenca, gran parte del componente coralino original de la Bahía de Sosúa se ha perdido debido al comercio de especies arrecifales para la artesanía y los vertimientos de contaminantes.

3.2. Factores socioeconómicos

Asentamientos humanos.- La información socioeconómica relevante con el análisis de vulnerabilidad y adaptación de los asentamientos humanos al cambio climático, se resume en la Tabla 18. Del total de 5,516,809 de habitantes estimados al 2000, en las provincias costeras, 2,236,600 habitan en las provincias costeras lo cual equivale a un 40%. La provincia con menos habitantes en la zona costera es Hato Mayor con 19,495 habitantes y la zona costera más poblada es la de la capital del país con 803,116 habitantes, seguida de Puerto Plata con 200,315.

La zona costera habitada y de menor superficie corresponde a San Cristóbal con 111.23 km² en sus municipios costeros y la mayor superficie corresponde a Pedernales con 2,074.53 km², ya que prácticamente toda la provincia está formada por municipios con costa. La menor densidad de población cerca de la costa corresponde a Pedernales con 9.50 habitantes/km² mientras que la mayor densidad corresponde a Santo Domingo con 1911.09 habitantes/km², seguido de San Cristóbal con 1,441.96 habitantes/km². Hato Mayor con 4,374 y Pedernales con 4,427, tienen el menor número de viviendas en la zona costera mientras que el mayor número de viviendas cerca de la costa corresponde nuevamente a Santo Domingo con un estimado de 208,194. La capital

tiene también el mayor número de centros de salud (484), mientras que en Pedernales solo se ubican 4 instalaciones de salud.

Tabla 18. Información socioeconómica recopilada para la población total y de las provincias costeras de la República Dominicana en el análisis de vulnerabilidad y adaptación de los asentamientos humanos al cambio climático. DP. Densidad poblacional (hab/km²).

Provincia costera	Población total ¹				Población costera ²				Centros de salud
	Habitantes	Superficie (km ²)	DP	Vivienda	Habitantes	Superficie (km ²)	DP	Vivienda ³	
Azua	243,157	2,531.77	96.04	45,806	89,002	493.57	180.32	22,453	33
Barahona	179,945	1,739.38	103.45	39,001	122,794	837.58	146.61	31,242	24
El Seibo	105,447	1,786.80	59.01	26,903	22,484	443.75	50.67	5,152	17
Españat	228,173	839.00	271.96	46,221	49,690	478.00	103.95	12,228	32
Hato Mayor	87,595	1,329.28	65.90	21,336	19,495	502.10	38.83	4,374	19
La Altagracia ⁴	128,627	2,474.34	51.98	31,489	38,588	742.30	51.98	9,340	33
La Romana	213,628	653.95	326.67	42,649	23,728	260.03	91.25	5,475	32
M. T. Sánchez	142,030	1,271.71	111.68	33,568	115,486	1,122.43	102.89	29,341	37
Monte Cristi	103,711	1,924.35	53.89	29,272	30,682	687.73	44.61	7,284	33
Pedernales	19,698	2,074.53	9.50	4,319	19,698	2,074.53	9.50	4,427	4
Peravia	222,273	1,647.73	134.90	52,087	146,071	792.33	184.36	37,297	56
Puerto Plata	302,799	1,856.90	163.07	69,681	200,315	1,148.61	174.40	51,405	45
Samaná	82,135	853.74	96.21	19,585	82,135	853.74	96.21	20,667	18
San Cristóbal	519,906	1,265.77	410.74	99,342	160,389	111.23	1441.96	41,021	46
Santo Domingo ⁴	2,677,056	1,400.79	1911.10	539,540	803,116	420.24	1911.09	208,194	484
S. P. de Macorís	260,629	1,255.46	207.60	59,522	179,686	248.60	722.79	46,040	59
Total	5,516,809	24,905.50	221.51	1,155,321	2,236,600	15,309.07	146.10	581,043	972

1. Estimada al 2000 según ONE (1993). 2. Considerando solo municipios costeros. 3. Estimada según la ecuación Número de viviendas = 0.2601 Número de habitantes - 696.5 (r = 0.998). 4. Se asumió el 30% de la población total

Turismo.- El turismo costero ha crecido con tasas significativas en los últimos diez años y se ha convertido en la mayor fuente de ingresos de divisas en la República Dominicana. Las actividades turísticas están generando más beneficios económicos que otros sectores importantes como las zonas francas y la exportación de productos agropecuarios (HELVETAS, 1998). En solo un quinquenio el número de habitaciones hoteleras se ha incrementado en 17,547; los ingresos casi se han duplicado, se han generado empleos directos e indirectos para 224,473 dominicanos y la población turística sobrepasa los dos millones anuales (Tabla 19). El uso recreativo de los recursos costeros incluyen el yatismo, botes de motor fuera de borda, ski acuático (con y sin motor), pesca deportiva y particularmente el buceo con SCUBA o snorkel que se practica en casi todas las provincias costeras (Tabla 20). El turismo dominicano está basado en el uso de los recursos costeros, particularmente las playas arenosas, por lo que de la conservación de éstos depende la integridad económica de esta industria.

Tabla 19. Algunos indicadores globales del crecimiento del sector turístico en el último quinquenio (según datos de la Asociación Nacional de Hoteles y Restaurantes ASONAHORES y la Secretaría de Estado de Turismo).

Año	Habitaciones disponibles	Ingreso por turismo (millones de US\$)	Empleos generados	Número de turistas extranjeros
1995	32,475	1,570.8	153,899	1,806,396
1996	35,751	1,780.5	166,513	2,036,501
1997	38,250	2,099.4	180,670	2,482,224

1998	40,453	2,153.1	202,045	2,702,209
1999	45,552	2,524.0	224,473	2,930,795
2000	50,022*	-	-	-

*Cifra a febrero de 2000.

Tabla 20. Areas de buceo de la República Dominicana organizadas por provincias costeras (a partir de datos de Debbies Dominican Republic, 2000).

Provincias costeras	Areas de buceo
Montecristi	Montecristi, Punta Rucia, Cayo Arena
Puerto Plata	De Costambar a Cabarete, Sosúa, Cabrera, Cofresí.
Españillat	Ninguna
Maria Trinidad Sánchez	Ninguna
Samaná	NE de la Península, Las Galeras, Cabo Cabrón, El Portillo, Cayo Levantado
El Seybo	Ninguna
Hato Mayor	Ninguna
La Altagracia	Isla Saona, Punta Cana, Playa Bávaro, Macao, Bayahibe
La Romana	Isla Catalina
San Pedro de Macorís	Ninguna
Santo Domingo	Parque Nacional Submarino La Caleta
San Cristóbal	Ninguna
Peravia	Ninguna
Azua	Los Bajos en Bahía de Ocoa
Barahona	Ninguna
Pedernales	Cabo Rojo e Isla Beata

Como puede verse en la Tabla 21 el desarrollo turístico está concentrado en las zonas costeras de Puerto Plata, Bávaro-Punta Cana y Santo Domingo-San Pedro de Macorís donde se encuentra la mayor cantidad de hoteles y resorts y donde tiene lugar el uso más intensivo de los recursos costeros. Existe cierto desarrollo en otras regiones pero éste es incipiente y no alcanza los niveles de los grandes polos de desarrollo.

Actualmente los daños a las playas arenosas en varios sectores de la costa son evidentes y han motivado la preocupación de la Secretaría de Estado de Turismo que ha emprendido varias acciones, entre ellas la evaluación de la situación ambiental de las playas en puntos críticos y la factibilidad de su recuperación mediante alimentación artificial de arena (CESIGMA, 1999). Las alteraciones incontroladas de las características naturales de la costa, por desconocimiento de la compleja interacción funcional de los ecosistemas marinos han provocado un proceso de deterioro generalizado en algunos sectores costeros y es necesario conocerlos y estudiarlos para poder separar las causas antrópicas de las causas climáticas en la evaluación de vulnerabilidad.

Pesquerías.- En República Dominicana la pesca tiene lugar en toda el área de plataforma insular, aunque el mayor potencial pesquero se localiza en las regiones donde la plataforma es más ancha. Las zonas de mayor extensión son de Montecristi a Punta Rucia (abarcando el Banco de Montecristi y los Cayos Siete Hermanos); la Bahía de Samaná; frente a Cabo Engaño, donde llega hasta 44 kilómetros de la costa; alrededor de la Isla Saona; al Sur de Bani y en la Bahía de Ocoa; y alrededor de las Islas Beata y Alto Velo. Con un carácter artesanal, la pesca abarca también la zona económica exclusiva (ZEE) que es casi cinco veces la extensión territorial dominicana (238,250 km²). La línea costera está dividida en cinco zonas pesqueras de importancia: Norte, Nordeste, Este, Sur y Suroeste (Colom *et al.*, 1990). En el presente, existe una flota de más de 3750 embarcaciones, una fuerza de más de 8,600 pescadores que operan en

unos 165 sitios de desembarco (Tabla 22) y la producción anual es del orden de las 18,000 toneladas (Giudicelli, 1996).

Tabla 21. Algunos datos del desarrollo turístico en las provincias y regiones costeras de la República Dominicana según el número de hoteles y resorts, compilado para el análisis de adaptación y vulnerabilidad del sector turístico al cambio climático.

Provincia costera	Región	Hotels y Resorts
Españillat	Río San Juan	Bahía Príncipe San Juan, Caribbean Village, Playa Grande.
La Romana	La Romana	Casa de Campo, AMHSA Casa del Mar, Club Viva Dominicus Beach.
La Altagracia	Playa Bávaro/ Punta Cana	Iberostar Punta Cana, Iberostar Dominicana, Iberostar Bávaro, Hodelpa Bávaro Veraclub, Paradisus Punta Cana, Meliá Bávaro, Villas Bávaro Beach Resort, Meliá Tropical, Allegro Resort Bávaro, Punta Cana Beach Resort
Puerto Plata	Cabarete	AMHSA Estrella del Mar.
Puerto Plata	Playa Cofresí	Hacienda Tropical, Hacienda Villas Deluxe.
Puerto Plata	Playa Dorada	Jack Tar Village Beach Resort, Playa Naco Golf & Tennis Resort, AMHSA Paradise Beach Club & Casino, Gran Ventana Beach Resort, Delta Dorado Club Resort, Occidental Flamenco Beach Resort, Villas Doradas Beach Resort, Occidental Playa Dorada Hotel, Caribbean Village Club on the Green, InterClubs Fun Royale/Tropicale, Victoria Resort.
Puerto Plata	Puerto Plata	AMHSA Puerto Plata Beach Resort & Casino.
Puerto Plata	Sosúa	LTI-Sol de Plata Beach Resort, Casa Marina Reef, Casa Marina Beach Resort, Playa Escondida, Occidental La Esplanada Sosúa Resort.
Samaná	Samaná	Occidental Cayacoa, Occidental Cayo Levantado, Occidental Gran Bahía, El Portillo Beach Resort, Casa Marina Bay.
San Pedro de Macorís	Juan Dolio	Caribbean Village Decameron Club & Casino, Coral Costa Linda Beach Hotel & Casino, Occidental Playa Real, Talanquera Country Beach Resort.
Santo Domingo	Santo Domingo	Occidental El Embajador, Hotel Plaza, Hotel Santo Domingo, Hispaniola Hotel & Casino, El Napolitano Hotel & Casino
Santo Domingo	Boca Chica	Don Juan Beach Resort, Boca Chica Beach Resort, Coral Hamaca Beach Hotel & Casino.

La explotación pesquera abarca más de 300 especies de peces, además de crustáceos y moluscos, que se capturan en todos los hábitats y ecosistemas de la plataforma dominicana. Estas pesquerías pueden dividirse en tres complejos ecológicos: el del litoral estuarino, de manglares-pastos marinos-arrecifes coralinos, y el de las aguas oceánicas (Herrera, 2000). La explotación se realiza con más de 20 artes de pesca (Sang *et al.*, 1997). Algunos recursos pesqueros son especialmente relevantes como la langosta *Panulirus argus* (Herrera *et al.*, 1997) y el lambí *Strombus gigas*.

Tabla 22. Información socioeconómica pesquera para la provincias costeras de la República Dominicana relevante al análisis de la adaptación y vulnerabilidad del sector pesquero.

Provincia costera	Sitios de desembarco	Número de pescadores
Azua	7	387
Barahona	13	432
El Seibo	5	309
Españillat	4	105
Hato Mayor	8	402
La Altagracia	14	556
La Romana	2	152
María T. Sánchez	13	435
Monte Cristi	8	612
Pedernales	12	499
Peravia	8	372
Puerto Plata	15	1161
Samaná	39	2,512
San Cristobal	4	160
Santo Domingo	4	226
San Pedro de Macoris	8	318
Total	164	8,638

Capítulo 4. Impactos del Cambio Climático

4.1. Evaluación de efectos biogeofísicos

4.1.1 Sumersión de las costas bajas e incremento de la erosión

El impacto más obvio cuando se piensa en ascenso del nivel del mar es precisamente la sumersión de las costas bajas que pasarán a estar totalmente cubiertas. Esta cobertura puede tener diferentes implicaciones según el tipo de costa que se trate y los ecosistemas que se desarrollen, pero será particularmente impactante en aquellos ecosistemas litorales emergidos, donde la influencia de los factores dinámicos como las mareas y el oleaje –que serán inevitablemente alterados- tienen un efecto más directo sobre su desarrollo. Con un ascenso del nivel del mar moderado el impacto puede ser gradual y compensado, por tanto, por la evolución de los sistemas naturales en la medida en que éstos puedan exhibir tolerancia alta al ambiente cambiante. Sin embargo, con una temperatura mayor y un rápido ascenso el impacto puede ser catastrófico y puede alterar seriamente la morfología costera.

El ascenso del nivel mar activará dos importantes mecanismos que dan lugar a la pérdida de arena: la erosión y la inundación. El incremento de la erosión litoral será especialmente impactante en las costas de fango, arena o grava, simplemente por el arrastre del sustrato particulado. Esto podría ser particularmente grave en las playas arenosas que son las más extensas y de mayor valor socioeconómico. Se reconoce que las playas arenosas serán más afectadas que las rocosas (Maul, 1989). Los cambios en la batimetría cercana a la costa podría tener influencia sobre la dinámica estacional del perfil de playa y cambiar la relación con las fuentes de aporte de arena. Incrementando los problemas erosivos por alteraciones del balance

sedimentario. En tal sentido, las posibles afectaciones a los arrecifes coralinos atentarian también contra las fuentes de aporte de material carbonatado a la playa.

En las costas arenosas el ascenso del nivel del mar influirá en la situación de la vegetación costera de especies halófilas, las cuales se distribuyen con una clara zonación relacionada con la influencia de la marea. Cualquier cambio en la vegetación costera acrecentaría los problemas de erosión dado que esta cumple un papel clave en la sujeción del sustrato arenoso, preservándolo de la acción eólica.

Valorar tales impactos en las playas dominicanas resulta difícil por cuanto los estudios de perfil de playa –uno de los métodos para evaluar los cambios en la costa- son escasos y no existen series de tiempo. Por otra parte la cartografía existente, con cotas de altura superiores al m tampoco permiten la evaluación cartográfica del ascenso del nivel del mar de una forma precisa. Por ello, los actuales problemas solo pueden ser valorados desde un punto de vista cualitativo a partir de la escasa información existente, sobre la cual haremos algunos comentarios..

Para el Sistema Costero formado por la Unidad Físico-Geográfica de Sosúa-Cabarete, CESIGMA (1999) sugiere por primera vez el posible efecto del cambio climático sobre la erosión de la playa. En el sistema costero la suma algebraica de ingresos y egresos de arena debe ser igual a cero, de manera que se establece un funcionamiento autoregulador. Los datos analizados demuestran un actual desequilibrio en el balance sedimentario de la región mencionada, pues en los perfiles de playa desde el Río Yásica hasta la Ensenada de Cabarete, la formación de escarpes al pie de la duna pone de manifiesto la ocurrencia de un proceso erosivo que se intensifica en la medida que aumenta la distancia al río. Considerando que el transporte principal de arena se produce de este a oeste, en correspondencia con la incidencia del oleaje generado por los vientos alisios, la intensificación de la erosión en esa dirección pone de manifiesto la incapacidad del transporte actual para mantener las playas.

Una de las causas de que el volumen de material arenoso arrastrado por la deriva litoral no garantiza el mantenimiento de las playas es la disminución de los aportes de los ríos relacionado directamente con la extracción de agregados, aunque no existen datos precisos acerca de la magnitud de estas expresiones. Otra de las causas podríamos hallarla en la intensificación de la acción erosiva del oleaje por el ascenso del nivel del mar relacionado con el cambio climático.

Para esta región, este proceso podría verse agravado con el ascenso del nivel del mar bajo los escenarios propuestos. A partir de los datos de los perfiles de CESIGMA (1999) se podrían sacar algunos estimados de la pérdida de la costa por ascensos del nivel del mar de 55.2 y 105.7 cm, de acuerdo a dos de los escenarios establecidos para el 2100 (Tabla 1). Aclaramos que estos valores representan solo un patrón y no un estimado cuantitativo preciso. Para la región de Yásica a Cabarete, al noroeste de la provincia de Puerto Plata, el incremento de 55.2 cm del nivel del mar podría provocar una pérdida entre 2.5 y 7.5 m de perfil de playa. Para un incremento de 105.7 cm, ello podría implicar una pérdida entre 5 y 17 m de perfil de playa. Las pérdidas de área de playa estarían en el orden de 340,000 m² y 670,000 m², respectivamente, asumiendo unos 10 km continuos de playa.

Para la playa del Hotel Catalonia en la región de Bávaro, Constructores Asociados C x A (1998) dan información cuantitativa del perfil de playa, la zona sublitoral inmediata y las alturas de la

bajamar, pleamar y el nivel medio del mar. La simulación gráfica de un ascenso de 55.2 cm indica que unos 12 m del perfil de la playa (actualmente influidos por la marea) quedarán permanentemente sumergidos, y que durante la pleamar, 32.6 m del actual perfil de playa estarán bajo el agua. Esta importante pérdida se debe a que la pendiente costera en la región es solo del 5%. Considerando que en la región de Bávaro, la playa arenosa se extiende por 51,500 m, si se asume un incremento estándar para toda la costa, las pérdidas podrían alcanzar 1,793,000 m², equivalente a casi el 99% de las playas locales. Dado que la región sublitoral inmediata, a unos 20 m de la playa incrementaría su profundidad de 1.4 a 1.9 m, ello implicaría una mayor profundidad para el desarrollo de las olas (Fig. 7).

Como parte de la rehabilitación del Hotel Hamaca en Boca Chica se realizaron varios perfiles de playa (Trasvialsa, 1998), que también brindan la posibilidad de hacer algunas estimaciones preliminares acerca de la sumersión de la costa por el ascenso del nivel del mar. La longitud de costa en la cual penetra el mar varía según la pendiente costera. Para un incremento del nivel del mar de 50 cm, las pérdidas en el perfil de playa alcanzan 19, 23 y 40 cm, para pendientes de 2.5, 1.7 y 0.7%, respectivamente. Para un incremento del nivel del mar de 100 cm, las pérdidas en el perfil de playa alcanzan 30, 45 y 70 cm, para pendientes de 2.5, 1.7 y 0.7%, respectivamente.

Según HHA (1998) en Playa Montero, en San Pedro de Macorís, existen zonas con un retroceso de línea de costa de 50 m, al comparar perfiles de 1992 y 1998. Sin embargo, esta acelerada tasa de retroceso de 8 m por año, no está en el orden de lo esperado para el ascenso del nivel del mar, debido a que otros factores están incidiendo. La extracción indiscriminada de arena y la aniquilación de las fuentes de aporte arrecifales por la contaminación doméstica e industrial, son los factores de impacto. Ello impide analizar la posible influencia de los factores climáticos y demuestra que la acción antrópica actual está provocando cambios a una tasa muy superior.

Una evaluación global de los impactos del ascenso del nivel del mar sobre las playas dominicanas puede hacerse tomando como un indicador de vulnerabilidad el ancho de la franja arenosa, ya que una franja más estrecha implica una mayor pérdida, mientras que una franja ancha implica la posibilidad de utilización de las regiones superiores. Con este criterio, el ordenamiento del valor promedio de la franja de arena para las diferentes provincias y subregiones costeras del país (Fig. 8) indica claramente que ante el ascenso del mar las costas de Samaná serán particularmente vulnerables, seguidas de las costas de Hato Mayor, María Trinidad Sánchez, Montecristi y Barahona. Si el criterio de ancho de la franja se combina con el de la longitud de costa arenosa, como en la Fig. 9, se obtiene un cuadro más claro y se observa que las costas de estas provincias últimas provincias poseen además las menores longitudes de playa, al igual que la costa este de Samaná.

Asimismo, la relación entre la longitud de playa que tiene cada provincia costera y la longitud total de su costa, podría ser considerado como un Índice de Vulnerabilidad de la Línea de Costa ante el ascenso del nivel del mar ($IVLC = \text{longitud de playa} / \text{longitud de costa}$). Este índice es adimensional y constituye un indicador de vulnerabilidad relativo que varía entre 0 (cuando no hay playa) y 1 (cuando la costa total de la provincia es playa arenosa). La vulnerabilidad de la línea de costa aumenta en la medida que aumenta el valor del IVLC. Con este criterio, la costa S de Samaná y de El Seibo que tienen valores de 0.57 y 0.41, respectivamente, constituyen las

zonas costeras más vulnerables por la alta proporción de costa de sustrato particulado que tienen en la extensión total de su longitud costera provincial (Tabla 23).

Tabla 23. Subdivisión de las provincias y subregiones costeras según su valores del Índice de Vulnerabilidad de la Línea de Costa (IVLC = longitud de playa/longitud de costa) en grupos de valores bajos (entre 0 y < 0.1), moderados (0.1 a 0.3) y altos (>0.3 a 0.6).

Provincias y subregiones	IVLC	Provincias y subregiones	IVLC	Provincias y subregiones	IVLC
La Romana	0.01	Peravia	0.10	Samaná Total	0.35
Hato Mayor	0.03	San Cristóbal	0.11	Samaná (Península N)	0.35
Santo Domingo	0.03	Samaná (Península E)	0.13	La Altagracia Noreste	0.39
La Altagracia Sureste	0.04	San Pedro de Macorís	0.18	El Seibo	0.41
María Trinidad Sanchez	0.04	Barahona	0.21	Samaná (Península S)	0.57
Montecristi	0.04	Puerto Plata	0.24		
Azua	0.07	La Altagracia Total	0.28		
Pedernales	0.08				
Españillat	0.09				

4.1.2. Daños asociados a las tormentas

Una condición necesaria, aunque no suficiente para la formación de los ciclones tropicales es una temperatura superficial mínima de cerca de 26 a 27⁰C. Esto ha llevado a la especulación de que cualquier aumento en la temperatura superficial del agua de mar debido al cambio climático debe venir acompañado de un incremento en la frecuencia de ciclones (Ali, 1999). El papel de la temperatura superficial del océano en la génesis e intensificación de los ciclones tropicales ha sido bien demostrada (ver Saunders y Harris, 1997).

Además del incremento en frecuencia, es casi una certeza que un incremento en la temperatura superficial vendrá también acompañada por su correspondiente incremento en intensidad de los ciclones, en términos de velocidad del viento. La relación entre la intensidad de los ciclones y la elevación de la temperatura superficial aparece bien discutida en la literatura y algunos cálculos teóricos (Emanuel, 1987) plantean que para incrementos de 2 y 4⁰C, la velocidad del viento aumentará en un 10 a 22%, respectivamente. Ello indica un mayor número de depresiones que se convertirán en ciclones y un incremento de la severidad de los ciclones hacia categorías de mayor poder destructivo.

Un impacto potencial del ascenso del nivel del mar en la zona costera será la modificación del clima de olas -en particular su variación en el número, duración, energía y dirección del oleaje- (Saizar, 1996). Los niveles del mar más altos permiten a las olas alcanzar la costa con mayores alturas debido a una reducción de fricción del fondo. Las fuerzas de la ola son proporcionales a la segunda o tercera potencia de la altura de la ola: un aumento de 10% en altura de la ola aumenta las fuerzas en 20%. Tales cambios serían particularmente importantes en las costas abiertas (Muehe y Neves 1995). Partiendo del hecho que el patrón normal de olas será alterado, ello implica que es de esperar un incremento mucho mayor para las olas de tormenta. El ascenso del nivel del mar en sí mismo no es el único de varios factores climáticos que pueden impactar en áreas costeras. Los incrementos temporales y localizados del nivel del mar producidos por olas de tormenta son potencialmente más dañinos al causar inundaciones severas en áreas costeras bajas

y aumentar la penetración interior de las olas generadas por el viento. La inundación por las olas de tormenta puede coincidir con lluvias extremas, empeorando la situación de las inundaciones.

Con un mayor nivel del mar, en conjunción con los cambios que se esperan en la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos y el cambio en el patrón de olas, el incremento del riesgo de inundaciones es un hecho cierto. Las implicaciones de la inundación de la zona costera dependerán de la extensión afectada, la periodicidad del impacto y sobre todo de las características del terreno inundado. El impacto de las inundaciones será especialmente severo en las planicies costeras durante las tormentas, tanto por la elevación del nivel del mar como por el aumento de precipitaciones (Maul, 1989). Las tasas de sedimentación cambiarán con las variaciones del nivel del mar; aunque en el momento es difícil hacer estimaciones precisas de estos cambios. En la costa abierta, debe esperarse un aumento en la proporción de transporte de arena a lo largo de la costa, como consecuencia de las olas más altas (Muehe y Neves 1995).

Todos estos cambios asociados a los nuevos escenarios meteorológicos de los eventos extremos son de especial importancia para la República Dominicana. La climatología de la región indica que la Isla se encuentra sobre una de las trayectorias preferidas de los ciclones tropicales de la cuenca del Atlántico Norte, de modo que está amenazada anualmente por tormentas tropicales y huracanes. Su vulnerabilidad y riesgo están determinadas por tener 1473 km de costa, de las cuales 750 corresponden al Caribe.

Para la evaluación de la vulnerabilidad costera ante el incremento de las tormentas y los cambios en el oleaje de surgencia tampoco se cuenta con datos de investigaciones ni con la cartografía adecuada. Cocco y Gutiérrez (1999) ofrecen el único mapa de zonas costeras inundadas cuando el ciclón Georges que señala como zonas críticas la cuenca del Río Yuna en Samaná, parte del la costa del Distrito Nacional, de la Bahía de Neiba y el Palmar de Ocoa.

4.2. Evaluación de impactos sobre la biodiversidad

Manglares.- Los organismos litorales y supralitorales como los mangles se adaptan para resistir temperaturas altas y a menos que el aumento de temperatura (por ejemplo en 1.5 °C) afecte el ciclo reproductor, la elevación de este factor tendrá efectos probablemente no medibles (Maul, 1989). Por tanto no es de esperar que los incrementos de temperatura pronosticados para nuestra zona costera afecten de manera observable nuestros manglares. Sin embargo, se espera un posible impacto por el ascenso del nivel del mar, aunque en general existe poca información sobre los manglares. Se plantea que sean capaces de tolerar el ascenso del nivel del mar, con tal de que otros factores ambientales no cambien el equilibrio natural (Maul, 1989).

Algunos trabajos reportan que los manglares costeros pueden quedar sumergidos y que el rápido ascenso del nivel del mar tendería a inundar los bosques de mangles más adentrados en tierra, situación que puede ser más drástica en los ya impactados. No se conoce con certeza en qué medida esto pueda afectarlos aunque si podría tener una influencia en la zonación del bosque, en la cual juega un importante papel la relación con el agua. En nuestro país ello tendría mayor connotación en las regiones de Montecristi y Samaná donde se encuentran los mayores manglares del país, en el primer caso de borde y en el segundo de ribera, asociados a la cuenca del Yuna.

Por otra parte, el suelo del manglar alberga una importante biodiversidad adaptada al flujo y reflujo de la marea que podría ser drásticamente alterada por cambios en los factores que rigen sus ciclos diarios de conducta. Otro tanto ocurre con la fauna asentada en sus raíces, que puede verse afectada por los cambios bruscos de salinidad. Precisamente, el grado de especialización de este ecosistema hace que las especies que la habitan no puedan migrar a otro, por lo que las afectaciones a la biodiversidad si son preocupantes. En el país los estudios sobre la biodiversidad del manglar son escasos y antiguos. Bonnelly (1982) reporta a la especie *Ectenascidia turbinata* como una ascidia común en las raíces del mangle rojo *Rhizophora mangle* de la Bahía de Las Calderas del Parque Nacional del Este, y Mateo (1991) realizó el único estudio cualitativo y cuantitativo de la fauna de invertebrados asociados a las raíces del mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en el Río Soco, San Pedro de Macorís.

La capacidad adaptativa de los manglares al cambio climático se espera que varíe según las especies y las condiciones locales (Maul, 1989). Las construcciones costeras, como las que se observan en muchos de nuestras costas reducen su capacidad natural de adaptarse por la pérdida de terreno y su capacidad de emigrar tierra adentro por la presencia de infraestructuras y actividades humanas que constriñen su espacio de desplazamiento (Watson *et al.*, 1997). Los manglares de cuenca de la región de Bávaro se encuentran seriamente limitados en su espacio por el desarrollo hotelero que ha bloqueado su desarrollo hacia el mar. Los impactos a este tipo de bosque por el cambio climático estarían más relacionados con las inundaciones y el aumento de las precipitaciones dado que los mismos se desarrollan a lo largo de los drenajes terrestres donde el flujo y reflujo de aguas salinas es estacional y ocurre durante las mareas externas altas y causadas por tormentas.

Según el tipo de bosque de manglar de que se trate pueden esperarse respuestas diferentes ante el ascenso del nivel del mar. La estructura de los manglares ha sido clasificada por tomando en cuenta los gradientes topográficos y la exposición a inundaciones, en cinco tipos estructurales de bosque, denominados como: a) manglar de inundación, b) de borde, c) ribereño y d) de cuenca. Si consideramos los tipos de manglares ordenados en una secuencia desde los más dependientes del mar hasta los más dependientes de tierra, tendremos entonces que factores como la sumersión de costas bajas, intrusión salina, incremento de olas o cambios en los patrones de transporte y deposición afectarán más a los más influidos por el mar. Por otra parte, factores como las inundaciones asociadas a la penetración del mar y al incremento de las precipitaciones, serán más impactantes sobre los manglares que se desarrollan tierra adentro. Es imprescindible un nuevo estudio de los manglares dominicanos y su clasificación en tipos estructurales como parte de la evaluación de vulnerabilidad de estos ecosistemas a los cambios del clima.

Playas arenosas.- Como vimos, el ascenso del nivel del mar puede afectar las playas arenosas por arrastre de partículas, cambios en los procesos de pérdida/ aporte y modificaciones en la zonación de la vegetación de las dunas. Ello implica la modificación del ecosistema típico de las especies del litoral arenoso. La fauna típica de la playa arenosa es altamente dependiente de la marea y su efecto sobre el sedimento y el nivel de humedad juega un papel decisivo en la distribución horizontal y vertical de la fauna. Sin embargo, como veremos más adelante el mayor impacto del cambio climático sobre las playas arenosas no será sobre la biodiversidad que ellas sustentan, sino sobre sus usos socioeconómicos.

Arrecifes coralinos.- Los arrecifes coralinos dominicanos como un todo no deben tener un impacto demasiado severo por el ascenso del nivel del mar, asumiendo que el crecimiento individual de los corales se estima entre 1-20 cm/año y que la tasa de crecimiento del arrecife en su conjunto puede ser hasta mayor de 1.5 cm/año. Por ello, se considera que los arrecifes tendrán la habilidad de adaptarse al ascenso proyectado del nivel del mar en muchas partes de los trópicos (20 cm para 2025). Sin embargo, en aquellas regiones de la plataforma donde los arrecifes están debilitados por otros factores que pueden alterar su tasa de crecimiento, el panorama puede ser diferente. Actualmente muchos factores ambientales (contaminación, sedimentación, turbidez, sobrepesca, mortalidades masivas, etc.) ya han tornado algunas de nuestras regiones arrecifales incapaces de sobrepasar los aumentos del nivel del mar, provocando alteraciones en las condiciones hidrodinámicas cerca de la costa, aunque no existen estudios cuantitativos que permitan hacer pronósticos más detallados (Maul, 1989).

El ascenso del nivel del mar habría igualmente que valorarlo en relación con el tipo de arrecife, la zona ecológica que se trate, la profundidad, la geomorfología costera y su estado ecológico. Por ejemplo, ante un ascenso del nivel del mar podría ser de mayor impacto para aquellos arrecifes ozonas que se desarrollan más cerca de la superficie. Por ejemplo, en las mesetas arrecifales, que se desarrollan a veces a escasos centímetros de la superficie, una mayor altura de agua puede reducir el efecto amortiguador de éstas a lo largo de la costa, reduciendo la protección que brindan (Watson *et al.*, 1997). Tales son los casos de algunas mesetas arrecifales de la costa norte, particularmente la de la región de Bávaro que se extiende paralela a la costa por unos 30 km y juega un papel clave en la protección costera y la alimentación natural de las playas arenosas.

Pero el mayor impacto a nuestros arrecifes no debe estar asociado al incremento del nivel del mar sino al incremento de la temperatura. Existen una variedad de factores físico-químicos que determinan el desarrollo y la distribución de los arrecifes coralinos, y entre ellos el más importante es la temperatura. La distribución de los arrecifes ocurre solo en los mares tropicales. Los límites para el crecimiento normal de corales de arrecife está entre 17 y 34 °C, pero los arrecifes bien desarrollados se establecen entre 23 a 25 °C. Esta estrecha tolerancia térmica implica que los arrecifes coralinos serán especialmente vulnerables a los incrementos de temperatura asociados al cambio climático.

Algunas especies de corales viven muy cerca de sus límites de tolerancia de temperatura, por lo que temperaturas elevadas (por encima de los máximos estacionales) puede dañar por blanqueamiento y también dañar sus funciones reproductivas, conduciendo a un incremento de su mortalidad (Watson *et al.*, 1997). Al respecto los mayores impactos serían de esperarse en los arrecifes costeros donde se esperan los mayores aumentos de temperatura que coinciden con las áreas C1/RC y C2/RC, donde se pronostica un incremento de casi 30 °C para el 2100.

4.3. Evaluación de impactos socioeconómicos

4.3.1. Asentamientos humanos

El impacto del cambio climático sobre los asentamientos humanos en la zona costera depende del tipo de infraestructura y sus usos. Algunas carreteras costeras, malecones y puentes tendrán que

ser reparados frecuentemente, más aún si se incrementa la frecuencia de tormentas. Muchos reservorios de suplemento de agua, drenaje y alcantarillado tendrán que ser modificados en ciudades costeras. El aspecto socioeconómico más perjudicial es el cambio del clima acoplado con el crecimiento y migración de la población a las ciudades costeras. Frecuentemente, el crecimiento de la población tiene lugar en las áreas de mayor probabilidad de impacto por cambios en el nivel del mar sobre todo en períodos climáticos extremos.

Para evaluar el impacto del ascenso del nivel del mar sobre los asentamientos humanos de la zona costera es necesario contar con un minucioso inventario de datos demográficos y de infraestructura. De manera preliminar puede resultar adecuado una relación entre la densidad poblacional (habitantes/km²) y la longitud de la costa. Con estos elementos se puede sugerir el Índice de Vulnerabilidad de Asentamientos Humanos (IVAH = densidad poblacional x longitud de costa/1000) que tendría unidades de habitantes/km y da una idea de la acumulación de personas cerca del borde costero, ofreciendo un criterio de vulnerabilidad referido al riesgo de daños materiales y humanos. En tal sentido, el IVAH es similar al Índice de Vulnerabilidad de Gomme *et al.* (1998) que multiplica el Índice de Insularidad por la Densidad Poblacional. La Tabla 24 muestra que el mayor valor del IVAH corresponde a la provincia de San Cristóbal, seguida de Santo Domingo y los menores valores a Hato Mayor y Pedernales.

4.3.2. Turismo

Ninguna otra industria socioeconómica de la zona costera depende tanto de recursos naturales bien conservados que la turística. Esto es en tal medida, que puede afirmarse con toda seguridad que sin anchas playas de arena blanca, aguas transparentes, paisajes naturales atractivos, arrecifes coralinos coloridos y exuberantes, y recursos pesqueros abundantes y sanos, el turismo costero no existiría. Se reconoce que el medio ambiente es un recurso sobre el que descansa la prosperidad de la industria turística, e indica que destinos turísticos consolidados han caído en desuso debido a la degradación ambiental local (Luca, 2000).

Tabla 24. Ordenamiento de las provincias costeras, en orden descendente, según los valores del Índice de Vulnerabilidad de Asentamientos Humanos (IVAH = densidad poblacional x longitud de costa/1000).

Provincias costeras	Densidad poblacional (hab/km ²)	Longitud de costa (km)	IVAH
San Cristóbal	1441.96	191.5	276.1
Santo Domingo	1911.09	40.2	76.8
San Pedro de Macorís	722.79	53.6	38.7
Puerto Plata	174.40	150	26.2
Azua	180.32	79	14.2
Peravia	184.36	71	13.1
Barahona	146.61	88.4	13.0
La Altagracia	51.98	208.9	10.9
María Trinidad Sánchez	102.89	83	8.5
Samaná	96.21	80.3	7.7
Monte Cristi	44.61	104.4	4.7
Españillat	103.95	42.9	4.5
El Seibo	50.67	65.6	3.3
La Romana	91.25	33.5	3.1

Hato Mayor	38.83	40.2	1.6
Pedernales	9.50	140.6	1.3

El cambio del clima y el ascenso del nivel del mar afectarán al turismo dominicano directa e indirectamente. La pérdida global de amenidades pondría en serio riesgo la viabilidad y amenazaría el mantenimiento a largo plazo de una de las industrias más importante en la economía de muchas islas pequeñas (Watson *et al.*, 1997). Los impactos generales del cambio climático al turismo dominicano estarían relacionados con los aspectos descritos en la Tabla 25.

De todos los posibles impactos del cambio de clima que afectan el turismo, ninguno es considerado más importante que la erosión de las playas arenosas por cuanto éstas constituyen la principal imagen del turismo tropical. La dificultad de evaluar cuantitativamente la erosión costera en nuestro país, ante la falta de datos sobre perfiles de playa o una base cartográfica adecuada ya ha sido analizada, pero a partir de algunos datos generales pueden hacerse algunas valoraciones globales.

Tabla 25. Resumen de efectos del cambio climático sobre el sector turístico.

Impactos del cambio climático	Consecuencias
Cambios en el patrón de precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Se incrementa el nivel de irrigación y sus costos asociados para los campos de golf debido a la escasa lluvia y el aumento de la tasa de evapotranspiración. • Se reduce el tiempo disponible para actividades recreativas al aire libre. • Los volúmenes de agua potable en las cuencas pueden reducirse por la sequía, creando problemas de abasto a la población turística. • La intrusión salina, por la combinación del ascenso del mar/reducción de precipitaciones, puede implicar la pérdida de calidad de las reservas de agua potable. El incremento del arrastre de los ríos por las precipitaciones provoca una pérdida de calidad del agua en la zona costera por turbidez y sedimentación. • Un mayor arrastre fluvial por las lluvias puede inclinar el balance sedimentario de la granulometría costera hacia el material terrígeno en detrimento de la calidad de la arena. • Las infraestructuras turísticas pueden verse afectadas por las inundaciones producto de la lluvia o la acción del oleaje a un mayor nivel del mar.
Incremento de la temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Se incrementa la posibilidad de insolación, quemaduras o enfermedades de la piel por exposición al sol. • El buceo ecoturístico puede verse afectado por la pérdida del valor paisajístico de los arrecifes coralinos por blanqueamiento y otras enfermedades. • La pérdida de los arrecifes desprotege a la costa y se acelera la destrucción por los procesos erosivos • El riesgo de enfermedades por ciguatoxina se puede incrementar en la población turística. • Los cambios en la estacionalidad climática rompen los patrones del flujo de turistas • Los cambios en el aporte de material carbonatado por daños a los arrecifes pueden implicar una reducción o pérdidas de las playas arenosas. • El incremento de la frecuencia y magnitud de los eventos meteorológicos extremos implica pérdidas importantes de infraestructura.
Ascenso del nivel del mar	<ul style="list-style-type: none"> • Quedan sumergidas las infraestructuras cercanas al borde costero. • El paisaje costero se modifica por incremento de la erosión, afloramiento de roca y pérdida de la vegetación natural. • La playa arenosa se reduce por la erosión y pierde sus valores intrínsecos. • La capacidad de carga de la playa (m² disponibles /turista) se reduce al disminuir la franja de arena por la subida del mar y la erosión. • Las playas cambian su actual ubicación/extensión por cambios hidrodinámicos que

promueven alteraciones en los patrones espaciales y temporales de acumulación del sedimento.

En las playas de Yásica a Cabarete, podemos hacer alguna valoración de los daños al turismo debido al ascenso del nivel del mar, a partir de los resultados del análisis de efectos biogeofísicos. Nuestro primer análisis indicaban una pérdida de área de playa de entre 340,000 a 750,000 m² para escenarios de ascenso del nivel del mar entre 55.2 y 105.7 cm, respectivamente. Asumiendo una ocupación intensiva de 2 m²/turista, cada 1,000 m² de pérdida de franja de arena, implica la pérdida de 500 posibles usuarios. Bajo este indicador, las pérdidas del sector turístico estarían en el orden de 175,000 a 335,000 turistas.

Para la región de Bávaro consideramos que la playa arenosa se extiende por 51,500 m por lo que si se asume un incremento estándar para toda la costa, las pérdidas podrían alcanzar 1,793,000 m², equivalente a casi el 99% de las playas locales. Dado que la región sublitoral inmediata, a unos 20 m de la playa incrementaría su profundidad de 1.4 a 1.9 m, ello implicaría una mayor profundidad para el desarrollo de las olas. Para la región de Bávaro, un mismo criterio de ocupación intensiva de 2 m²/turista, las pérdidas del sector turístico estarían en el orden de 896,500 turistas.

Los impactos socioeconómicos asociados a los problemas que enfrentará el turismo dominicano producto del calentamiento global están relacionados con tres aspectos básicos:

- Pérdidas en la calidad del ambiente como oferta
- Pérdidas de infraestructuras de ofertas y servicios
- Reducción de la población turística

Las pérdidas en la calidad del ambiente son claras cuando se observa que los criterios climáticos para realizar actividades recreativas al aire libre se verán afectadas por el calentamiento global. Ello se refiere a cambios en la temperatura, las precipitaciones, los vientos o el grado de nubosidad, todo lo cual puede crear un ambiente poco adecuado para la recreación al aire libre.

Esto se traduce en un problema socioeconómico que afecta a todos los relacionados con el sector: a) inversionistas, b) empleados que trabajan directamente en el sector, c) empleados indirectos del sector, d) población que se relaciona temporalmente con el sector y e) otros sectores económicos. Desde el punto de vista financiero las mayores pérdidas de capital corresponden al inversionista, aunque las poblaciones costeras ya han creado un vínculo económico estrecho con la industria turística en la cual han visto una nueva vía para diversificar su economía. La reducción de los niveles de empleo directos e indirectos puede ser un impacto mucho más significativo. Por otra parte, las pérdidas económicas podrían extenderse a otros sectores económicos suministradores de productos y servicios al turismo como el sector agrícola y el pesquero. Finalmente, la reducción de algunos recursos como el agua podría traer conflictos de uso locales.

En la Tabla 26 se han incluido algunas datos, a manera de ejemplo, de como puede enfocarse el análisis de vulnerabilidad al turismo en nuestra zona costera a partir de la información cualitativa y cuantitativa de 23 indicadores físico-naturales y socioeconómicos con referencia a los escenarios climáticos establecidos.

Tabla 26. Algunos criterios físico-naturales y socioeconómicos (cualitativos y cuantitativos) manejados para un análisis preliminar de vulnerabilidad del sector turístico en dos áreas de la costa norte de la República Dominicana.

Criterios	Bávaro- Punta Cana	Puerto Plata	
FÍSICO-NATURALES			
Amenaza de entrada de ciclones	Muy Alta	Baja	
Nivel de exposición relativo de la costa	Muy expuesta	Menos expuesta	
Elevación relativa de la costa	Moderada	Moderada-Alta	
Longitud total de la costa en la provincia (m)	132,600	150,000	
Índice de Vulnerabilidad de la Línea de Costa	0.39	0.24	
Longitud de playa (m)	51,500	35,900	
Ancho de la franja de arena (m)	44.5	51.3	
Área de playa (m ²)	1,065,000	1,841,670	
Extensión lineal de los arrecifes coralinos (m)	30,000		
Cursos de agua superficial	Ninguno	Varios	
SOCIOECONÓMICOS			
Número de instalaciones hoteleras	33	52	
Densidad hotelera (hoteles/km)	0.64	1.45	
Número de habitaciones	17,110	11,246	
Número de turistas/semestre ¹	464,327	467,923	
Máximo de número de turistas/mes	92,965	90,289	
Mínimo de número de turistas/mes	58,315	56,134	
Capacidad de carga máxima de la playa (m ² /turista)	11.5	20.4	
Importancia relativa del ecoturismo de arrecifes	Moderada	Muy alta	
Número de puntos de buceo	12		
Población provincial estimada (2000)	128,627	302,799	
Número de empleos directos que genera	15,741	17,595	
Número de empleos indirectos que genera	39,353	43,984	
Número total de empleos que genera	55,094	61,579	
Porcentaje de población que sirve al turismo	42.8	20.3	
ESCENARIOS CLIMÁTICOS			
	Celda/región	C2RA	C1RA
Incremento esperado de la temperatura (°C) en el 2100 para tres escenarios climáticos:	IS92c	26.857	27.221
	IS92a	28.457	28.821
	IS92f	30.157	30.821
Ascenso esperado del nivel del mar (cm) el 2100 para tres escenarios climáticos:	IS92c	12.71	12.71
	IS92a	55.19	55.19

1. Número de pasajeros no residentes (dominicanos y extranjeros) que llegaron por los aeropuertos de Puerto Plata y Punta Cana, de enero a junio del 2000.

Si se asume una escala arbitraria de 0 a 3, donde la vulnerabilidad aumenta con la magnitud del rango, y se dan puntajes a los diferentes criterios de la Tabla 26, se puede tener una idea del grado de la vulnerabilidad de la zona costera. Debemos aclarar que este tipo de análisis puede encerrar muchas impresiones y varía según los criterios que se empleen. Sin embargo, si se usan criterios de alta significación para la zona costera, evitando usar indicadores correlacionados para no repetir la información, puede constituir una manera sencilla de obtener criterios para la elaboración de medidas de adaptación.

Sustituyendo los criterios físico-naturales por puntajes (Tabla 27) se observa que la región de Bávaro alcanza un puntaje de 24 mientras que en Puerto Plata solo 14. Ello implica una mayor vulnerabilidad de la zona costera de Bávaro relacionada con varios elementos. Primero, la elevada amenaza ante la entrada de ciclones tropicales y el carácter expuesto de parte de sus costas a la acción del viento y el oleaje la hace muy vulnerable ante el incremento de la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos. Segundo, su menor pendiente, un mayor IVLC, menor longitud de playa y ancho de la franja de arena la hace más vulnerable ante el ascenso del nivel del mar y el incremento asociado de la erosión. Tercero, su elevada dependencia de los arrecifes coralinos para la protección de la costa y la alimentación natural de las playas con material carbonatado, la hace más vulnerable ante el incremento de temperatura que lleva asociado impactos potenciales sobre los arrecifes por blanqueamiento coralino. Por otra parte, la ausencia de cursos fluviales es una ventaja ante el incremento de las precipitaciones pues no ocurrirá un incremento de la turbidez y la sedimentación en la zona costera. Esto es un elemento de vulnerabilidad en Puerto Plata que recibe la influencia de varios cursos de agua de la cuenca del norte.

Estos efectos biogeofísicos tendrán sus implicaciones socioeconómicas que en el caso del capital inversionista de la región de Bávaro se producirían pérdidas por daños materiales a las infraestructuras y de la población turística por la reducción de facilidades de recreación, aunque cuantificar esto en términos económicos requeriría de conocer aspectos básicos de la inversión que no se tienen. Si consideramos como un índice económico el número de empleos generados en su connotación sobre la provincia costera, donde opera el Polo Turístico tendríamos que en la región de Bávaro existe un 42.8% de la población que se beneficia directa o indirectamente del sector turismo por lo que cualquier cambio desfavorable inducido por el clima tendrá inmediatamente un impacto sobre la economía provincial.

4.3.3. Pesca

No se espera que el impacto del ascenso del nivel del mar en las pesquerías sea grande a menos que incremente la turbidez asociada a la erosión costera. El aumento en la turbidez podría tener un impacto negativo particularmente en pesquerías durante la fase temprana del ciclo de vida de algunas especies que se desarrollan muy cerca de la costa. Las especies de áreas estuarinas pueden ser particularmente vulnerables si ocurren cambios de salinidad (Maul, 1989).

Tabla 27. Valoración mediante puntajes de algunos criterios físico-naturales manejados para un análisis preliminar de vulnerabilidad del sector turístico en dos áreas de la costa norte de la República Dominicana.

Criterios	Bávaro- Punta Cana	Puerto Plata
Amenaza de entrada de ciclones	3	0
Nivel de exposición relativo de la costa	3	1
Elevación relativa de la costa	3	2
Índice de Vulnerabilidad de la Línea de Costa	3	2
Longitud de playa (m)	3	2
Ancho de la franja de arena (m)	3	1
Área de playa (m ²)	3	2
Extensión lineal de los arrecifes coralinos (m)	3	1
Cursos de agua superficial	0	3

Total 24 14

Por otra parte, tampoco se espera que un incremento moderado en la temperatura afecte significativamente a las pesquerías, excepto en lagunas someras donde la hipersalinidad pueda afectar la productividad. Particularmente, los juveniles tienen una crítica dependencia de la salinidad y la temperatura. El incremento de los vientos a lo largo de las costas podría incrementar los procesos de afloramiento u otros cambios en la circulación y modificar la productividad. Las complejidades de los ecosistemas pueden verse afectadas por los incrementos de la temperatura, pero existe gran incertidumbre acerca de en qué medida las temperaturas afectarán las pesquerías tropicales, aunque hay evidencias que ya están ocurriendo migraciones de peces asociadas al incremento de las temperaturas costeras.

Lo que si es cierto es que actividad pesquera en el país podría verse afectada por los cambios en la zona costera asociados al incremento del nivel del mar, la erosión y la mayor incidencia de fenómenos meteorológicos extremos. Esto es más relevante aún si consideramos que la mayor parte de nuestra actividad pesquera es artesanal y los pescadores no cuentan con recursos técnicos ni materiales para hacer frente a los problemas derivados del cambio climático.

Una evaluación preliminar de los impactos al sector pesquero podría hacerse a través del Índice de Vulnerabilidad del Sector Pesquero (IVSP= Número de pescadores/ longitud de costa) que se expresaría en pescadores/km y da una medida del grado de uso de la zona costera por la actividad pesquera, o sea la densidad de pescadores en la línea de costa (Tabla 28). Los cálculos del IVSP para las diferentes provincias costeras muestra el menor valor en San Cristóbal y el mayor en Samaná. Evidentemente el sector pesquero en la región de Samaná es mucho más vulnerable a cualquier cambio drástico en la costa o al incremento de fenómenos meteorológicos extremos. Sería de interés complementar este tipo de índices con indicadores económicos que reflejen no solo los impactos al sector en el sentido físico, sino también de sus ganancias.

Tabla 28. Ordenamiento de las provincias costeras, en orden descendente, según los valores del Índice de vulnerabilidad del sector pesquero (IVSP= Número de pescadores/ longitud de costa).

Provincias costeras	Número de pescadores	Sitios de desembarco	Longitud de la costa (km)	IVSP (pescadores/km)
San Cristóbal	160	4	191.5	0.8
Espailat	105	4	42.9	2.4
La Altagracia	556	14	208.9	2.7
Pedernales	499	12	140.6	3.5
La Romana	152	2	33.5	4.5
El Seibo	309	5	65.6	4.7
Barahona	432	13	88.4	4.9
Azua	387	7	79.0	4.9
Peravia	372	8	71.0	5.2
María Trinidad Sánchez	435	13	83.0	5.2
Santo Domingo	226	4	40.2	5.6
Monte Cristi	612	8	104.4	5.9
S. P. de Macorís	318	8	53.6	5.9
Puerto Plata	1161	15	150.0	7.7

Hato Mayor	402	8	40.2	10.0
Samaná	2512	39	80.3	31.3

4.3.4. Salud pública

Se espera que la temperatura y el ascenso del nivel del mar tendrán un efecto en la salud humana en la zona costera. La temperatura, porque muchas enfermedades y sus efectos agudos son asociados con temperaturas elevadas; y el ascenso del mar, porque el agua es un agente principal para muchas enfermedades y organismos transmisores de enfermedades. Por ejemplo, se espera que el aumento de temperatura puede incrementar el número de dinoflagelados asociados a la ciguatoxina (Sleath, 2000), por lo que el envenenamiento por ciguatera podría incrementarse con el calentamiento global (Hales *et al.*, 1999).

Aunque el riesgo de ciguatera en la República Dominicana es un hecho reconocido (PNUD, 1997) y se han aislado algunos dinoflagelados epifíticos (*Gambierdiscus toxicus*, *Ostreopsis lenticularis* y *Prorocentrum concavum*) que son agentes causales (Duval, 1992), no existen estadísticas acerca de las personas que se intoxican. El alto consumo nacional de peces, sobre todo especies de poca profundidad, hace pensar que las intoxicaciones por ciguatera no sean infrecuentes. Con el desarrollo del turismo costero la ciguatera pasa a convertirse en una enfermedad potencial también para los visitantes, lo cual implica no solo un riesgo para la vida humana sino también para el prestigio y el bienestar económico del sector turístico.

Nuestro país aparece en la lista de casos de turistas afectados por ciguatera por ingestión de pescado en el Caribe (HPB, 1997). Existen reportes entre 1985 y 1986, de turistas canadienses que adquirieron la toxina en el país al consumir una especie de serránido (Bourgault y Todd, 1985; Todd, 1986; Roy, 1998). El caso más reciente parece ser el de un turista español en junio de 1995. Existe otro reporte de ciguatera por una barracuda en Haití (Wittes y MacLean, 1984), por lo que la problemática de esta enfermedad hay que verla en un contexto insular por cuanto nuestra plataforma y la haitiana están interconectadas.

Sin embargo, las investigaciones nacionales sobre la ciguatera son escasas. Existen estudios sobre aislamiento de los dinoflagelados ciguatóxicos (Duval, 1992), aspectos clínicos, epidemiológicos y antropológicos de la enfermedad en el país (Alvarez *et al.*, 1991) y la relación de los dinoflagelados con factores ambientales (Polonia *et al.*, 1995). Entre las especies de mayor incidencia se reportan a la cojinúa (*Caranx spp.*), el peje rey (*Alectis ciliaris*), la barracuda (*Sphyraena barracuda*), el cazabito (*Chloroscombrus chrysurus*) y el medregal (*Seriola spp.*)

El tema cobra especial interés a la luz de los nuevos escenarios climáticos establecidos para la República Dominicana que pronostican aumentos de la temperatura del aire y del agua en la zona costera con valores cercanos a los 30°C. Las correlaciones positivas, halladas por Patz (2000), entre la incidencia anual de ciguatera y el calentamiento del agua superficial a causa del evento de El Niño en las Islas del Pacífico, brindan evidencias de la relación de la ciguatera y el calentamiento global. Se ha demostrado que los dinoflagelados que causan la enfermedad incrementan significativamente su toxicidad después de un período de elevadas temperaturas, hasta a 31° C (Ashton *et al.*, 1999).

En República Dominicana se espera un incremento de la temperatura de hasta 30°C lo cual puede convertirse en un mecanismo desencadenante de afectaciones por ciguatera. Al no existir estadísticas que permitan evaluar tendencias temporales y espaciales, la vulnerabilidad se evaluó a través de los indicadores físico-naturales y socioeconómicos que se presentan en la Tabla 29. Dándole puntajes a cada uno de estos indicadores y sumándolos se obtiene el Índice Relativo de Vulnerabilidad a la Ciguatera (IRVC). Debemos aclarar que estos indicadores son relativos y representativos de una situación más bien local. Provincias poco vulnerables según los puntajes pueden incrementar su vulnerabilidad en razón de relaciones del movimiento de los productos del mar de una región a otra. En este sentido, puede ser crítico el Distrito Nacional a donde confluyen la mayor cantidad de productos pesqueros desde todas las regiones del país.

Las provincias costeras con mayores valores del IRVC fueron: Samaná, Puerto Plata, Pedernales, Montecristi, La Altagracia y Santo Domingo (Tabla 30). En todas estas provincias existen además reportes previos de ciguatera. En la suma total de los indicadores, unos u otros pueden tener un peso diferente. Así, Montecristi tiene arrecifes someros poco impactados pero tiene un alto volumen de pesca y se encuentra muy cerca de la frontera. Esta situación es análoga a la de Pedernales, donde además el acceso a servicios de salud es difícil. En el caso de Samaná, aunque los cálculos se han hecho independientes para las provincias que bordean la bahía, en realidad sería más correcto hablar de un valor general del IVRC para toda una región (Samaná, Hato Mayor y El Seibo) donde existen 55 sitios de desembarco distribuidos desde Las Cañitas, al noroeste de la Península, hasta Nisibón al sureste, ya fuera de la bahía.

Tabla 29. Valoración de indicadores físico-naturales y socioeconómicos para la designación de zonas vulnerables a la ciguatera en República Dominicana.

Tipo	Indicadores	Fundamentación	1	5
Base	Desarrollo de arrecifes someros	Se requiere de sustrato arrecifal para el desarrollo de los dinoflagelados/ La escasa profundidad facilita el incremento de temperatura	Poco	Alto
	Salud de los arrecifes someros	Los arrecifes impactados ofrecen superficies denudadas que favorecen el desarrollo de microalgas/ El impacto puede ser debido a incrementos de temperatura o nutrientes, que también las favorecen	Buena	Impactado
Probabilidad	Volumen local de pesca costera	Un mayor volumen de pesca hace más probable la aparición de un pez trasmisor e implica una mayor dispersión de productos	Bajo	Alto
Riesgo	Magnitud de la población costera	La cantidad de personas en la costa incrementa la probabilidad de adquisición directa o indirecta de transmisores y eventualmente la enfermedad.	Escasa	Alta
	Acceso a servicios de salud	La accesibilidad a un servicio de salud puede ser la diferencia entre la vida o severos traumas post-intoxicación o incluso la muerte.	Fácil	Difícil
	Desarrollo turístico local	La población turística incrementa la población local y por tanto el posible número de enfermos potenciales/ Esta población es desconocedora de las enfermedades tropicales	Bajo	Alto

Potencia	Cercanía de la frontera haitiana	Movimiento de peces enfermos a través de las fronteras de la plataforma/ Intercambio y venta de pescado de mala calidad	Lejos	Cerca
----------	----------------------------------	---	-------	-------

Tabla 30. Cálculo del Índice Relativo de Vulnerabilidad a la Ciguatera (IRVC) por provincias costeras. El Índice tiene solo un carácter local y varía entre 0 (región no vulnerable) a 35 (máxima vulnerabilidad). Cada provincia se designa por sus primeras letras.

Indicadores	MC	PP	ESP	MTS	SA	ES	HM	LA	LR	SPM	SD	SC	AZ	PER	BA	PED
Desarrollo de arrecifes someros	5	4	3	4	4	0	3	5	4	4	2	4	4	4	3	5
Salud de los arrecifes someros	1	3	2	2	4	0	3	3	2	3	5	2	2	2	2	1
Volumen regional de pesca costera	5	4	3	3	5	1	3	4	3	3	1	3	4	3	4	5
Magnitud de la población costera	2	4	2	3	3	1	1	2	1	4	5	4	3	4	4	1
Acceso a servicios de salud	3	2	3	2	4	4	4	3	3	2	1	2	3	2	3	5
Desarrollo turístico local	0	5	1	0	3	0	0	5	4	3	5	0	0	0	0	0
Cercanía de la frontera	5	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5
IRVC	21	25	16	15	24	7	15	23	18	20	20	16	18	18	20	22

Capítulo 5. Medidas de adaptación

La adaptación en el contexto del cambio climático puede definirse como una estrategia deliberada de gestión para reducir al mínimo los efectos adversos del cambio climático, incrementar la capacidad de recuperación/adaptación de sistemas vulnerables y reducir el peligro de que el cambio climático cause perjuicios a sistemas humanos y ecológicos. Los elementos de una estrategia de adaptación deben abarcar no sólo alteraciones físicas en el sistema de gestión, sino también cambios tecnológicos e institucionales que permitan hacer frente a condiciones dinámicas. (Bergkamp y Orlando, 1999).

La adaptación al cambio climático puede tratarse de dos maneras: a) interviniendo sobre las causas -mitigación de las emisiones- o b) interviniendo sobre las consecuencias -adaptación propiamente dicha al cambio climático-. Dado que algunas de las posibles medidas de adaptación tienen costos muy considerables, la incertidumbre inherente a la selección de los escenarios hace que se deba ser cauto con la adopción de medidas de adaptación que involucren ese tipo de costos. Lo que sí debe hacerse es, por un lado, adoptar las medidas que producen beneficios en cualquier caso y, por otro lado, tener en cuenta la sensibilidad de cada lugar de la costa -vulnerabilidad- en el proceso de planificación (Saizar, 1996). En tal sentido, son valiosas todas las medidas que contribuyen a mitigar impactos antrópicos actuales no relacionados con el cambio climático, pero que su acción nociva torna más vulnerable la zona costera y sus ecosistemas.

Una de las estrategias de adaptación importantes consiste en evitar nuevas presiones que reduzcan la capacidad de los ecosistemas de responder al cambio climático. Reducir la contaminación, evitar los usos extractivos y proteger la diversidad biológica son actividades conducentes a mantener e incrementar la capacidad de recuperación y adaptación de los ecosistemas, de forma que continúen prestando servicios importantes bajo distintas condiciones

climáticas. Las opciones de adaptación existentes para los ecosistemas son limitadas, y su efectividad es incierta (Kusler *et al.*, 1999). Algunas de índole general, son:

- Repoblación vegetal, particularmente en los bosques costeros y en los manglares para lograr la restauración de áreas degradadas poniendo atención a las regiones del país donde la cubierta boscosa costera ya ha sido previamente alterada.
- Restaurar y rehabilitar las zonas de humedales fluviales y costeras para posibilitar la anegación natural de grandes extensiones de tierra y mantener los balances hídricos.
- Eliminar las presiones actuales que reduzcan la capacidad de los ecosistemas costeros de responder al cambio climático, particularmente todas las formas de contaminación doméstica e industrial.
- Evitar la extracción de plantas y proteger la diversidad biológica para mantener e incrementar la capacidad de recuperación y adaptación de los ecosistemas de humedales de forma que continúen prestando servicios importantes bajo distintas condiciones climáticas
- Prevenir la fragmentación de los humedales costeros pues la conexión entre ecosistemas hace posible la migración de especies en respuesta al cambio climático y por ende el mantenimiento de vías migratorias es un enfoque racional.
- El mantenimiento del caudal de los ríos, incluido el caudal de estiaje, representa también un enfoque importante para mantener los sistemas de humedales.
- Evitar la reducción de todos nuestros sumideros de CO₂, tanto en la zona costera (manglares y bosques húmedo y semi-húmedo), como marina (fitoplancton, pastos marinos, campos de algas y arrecifes coralinos y su fauna asociada, especialmente especies asociadas a los procesos del carbonato de calcio).
- Preservación de los ambiente arrecifales desde las áreas de pastos marinos someras hasta el arrecife frontal profundo, implementando medidas de protección para sus diferentes zonas ecológicas y sus especies más importantes.
- Contribuir, mediante acciones de conservación, a evitar la reducción de la capacidad natural de nuestros ecosistemas costeros para enfrentar los impactos del cambio climático.

Al margen de estos planteamientos generales, la adaptación al cambio climático puede requerir de medidas de adaptación llamadas “duras” por cuanto implican la construcción o el movimiento de infraestructuras y acciones físicas de protección o mitigación. En la Tabla 31 hemos resumido, a partir de diversas fuentes, varias medidas adaptativas referidas a la protección de la costa ante el ascenso del nivel del mar. Todas pueden ser relevantes para solucionar problemas en nuestro país

por lo que complementariamente se han incluido criterios de ventajas y desventajas y su nivel de adecuación de acuerdo a nuestras condiciones.

Table 31. Posibles adaptaciones al ascenso del nivel del mar en la zona costera dominicana.

Tipo de protección	Ventajas	Desventajas	Nivel de adecuación
Preservación del ambiente arrecifal	Disrupción mínima del ambiente/ Bajo costo	No es apropiada en áreas altamente desarrolladas/ Requiere de la cooperación comunitaria y regulaciones/ Estrategias a largo plazo	Muy deseable ya que muchas costas tienen aún poco desarrollo
Retiro/ Reubicación de estructuras	Preserva la playa natural/Compensa futuros problemas de erosión/Más económico que las estructuras de ingeniería	Requiere regulación del gobierno/Requiere compensación por la tierra/ No ofrece protección a la línea de costa actual	Pueden ser implementadas a través de regulaciones/ Recomendada donde sea posible
Reforestación del bosque costero y de manglar	Bajo costo/Reestablece la línea costera natural/ No altera los procesos costeros	Puede impedir el acceso de la gente a la costa/ Sólo efectiva en áreas resguardadas.	Recomendada donde sea posible
Alimentación artificial de la playa	Preserva/Restaura las playas naturales/ No altera los procesos costeros naturales	Requiere alimentación periódica/ Requiere mucho equipamiento y un suplemento de arena/ Se pueden dañar las fuentes de aportes naturales	Costosa/ No factible para proyectos pequeños
Diques/Muros de contención	Protege solo la tierra y las infraestructuras/ Algunos diseños pueden construirse con materiales y fuerza local.	Puede causar erosión/ Requiere diseño apropiado y construcción/ Alto costo	Debe ser usada solo donde las construcciones y propiedades amenazadas son muy valiosas y no pueden ser reubicadas
Gabiones	Pórtatiles, pueden ser importados o transferidos a otras áreas/Pueden removerse si no son efectivos	Se deteriora rápidamente/ Alto costo/ Requiere supervisión para colocar los rellenos con rocas adecuadamente/ Requiere rocas de forma y tamaño adecuado	No adecuadas ya que son caras y no duran
Estructuras de protección de infraestructuras especiales	Pueden ser diseñadas para condiciones específicas de oleaje	Alto costo/ Requiere maquinaria pesada	Requeridas para proteger infraestructuras costosas en costas expuestas
Rompeolas/Reef-balls	Los rompeolas paralelos a la costa pueden ser efectivos para el control de la erosión	Requiere mucho equipamiento/ Alto costo	Generalmente no requerida debido a la naturaleza protectora de los arrecifes/ Las piedras grandes y los equipos pesados no siempre están disponibles
Espigones	Acumulación en el lado del oleaje/ Algunos diseños pueden construirse con materiales locales	Erosión en el lado opuesto al oleaje/ Obstrucción artificial en la playa/ Puede promover el transporte de arena mar afuera	Generalmente no recomendadas debido a los efectos de deterioro de la línea de costa

Capítulo 6. Plan de acción

6.1. Aspectos generales

El plan de acción, en el marco de la adaptación y vulnerabilidad de la zona costera dominicana al cambio climático, debe incluir opciones de adaptación que proporcionen beneficios, independientemente de los nuevos escenarios climáticos:

- Incrementar la investigación en los ecosistemas costeros y marinos y las pesquerías para contar con patrones de línea base a fin de estimar significativamente los cambios
- Extender las actividades de acuicultura como una opción de aumento de empleo en la zona costera y solución a eventuales problemas de los recursos pesqueros asociados al calentamiento global.
- Supervisar los problemas de salud de la zona costera (por ejemplo, mareas rojas, ciguatera) tratando de evaluar su posible aumento bajo los cambios en el clima.
- Reforzar los programas de manejo costero y concebir una planificación territorial para todo el borde costero dominicano, buscando la armonía entre los recursos naturales y el desarrollo.
- Instalar mareógrafos de medición a largo plazo para proporcionar datos confiables en tendencias del nivel del mar y poder ajustar los pronósticos basados en los escenarios climáticos globales a las condiciones de nuestras costas.
- Implementar investigaciones geológicas que brinden criterios acerca de posibles fenómenos de subsidencia o emersión de la línea costera a fin de corregir los estimados de ascenso del nivel del mar y hacer pronósticos más seguros y confiables.
- Establecer una metodología para observar y cuantificar la evolución de la línea de costa y sus ecosistemas y establecer perfiles de playa fijos para monitoreo continuo.
- Elaborar y mantener una base de datos oceanográfica y meteorológica según las normas internacionales.
- Adoptar criterios flexibles para todos los proyectos costeros teniendo en cuenta toda la información climatológica disponible para el sitio y considerando al menos, el escenario bajo referente al ascenso del nivel del mar establecido por el IPCC.
- Formular programas educativos sobre medio ambiente costero, protección y efectos climáticos globales, dirigidos a los niveles diferentes de la población.
- Incluir la componente de cambio climático como tema obligado en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

6.2. Papel de las áreas protegidas de la zona costera ante el cambio climático

De las 86 regiones con diferentes categorías dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas que existen en la República Dominicana, 32 abarcan la zona costera, e incluyen: 14 Parques Nacionales, un Santuario de Mamíferos Marinos, 6 Reservas Naturales (4 Reservas de Fauna Silvestre, 1 Reservas Científicas, 1 Reservas Biológicas), 3 Vías Panorámicas, 6 Monumentos Naturales y 2 Áreas Naturales de Recreo (Tabla 32).

Varias Áreas Protegidas se han promulgado para promover la conservación de elementos particulares de las áreas costeras asociadas a las cuencas, como bahías (Bahía de la Jina, Luperón,

Puerto Viejo, Maimón, Calderas), islas y cayos (Cayo Levantado e Isla Catalina), playas arenosas (Boca Chica), farallones costeros (Los Haitises, Montecristi) e incluso las regiones submarinas (Jaragua, Montecristi, La Caleta y del Este) y oceánicas (Bancos de la Navidad y la Plata). Además, las regiones costeras y submarinas correspondientes a Áreas Protegidas se encuentran entre las mejores estudiadas del país y algunas como Montecristi, Jaragua y Samaná fueron incluidas como áreas piloto en el Proyecto GEF-PNUD/ONAPLAN *Conservación y Manejo de la Biodiversidad Costero Marina de la República Dominicana*. El Parque Nacional Jaragua y la región de Samaná cuentan incluso con sendas ONGs (Grupo Jaragua, Inc. y Centro para la Conservación de la Bahía de Samaná y su Entorno, Inc.) responsables de la elaboración de los planes de manejo (ver Dirección Nacional de Parques, 1986; CEBSE, 1993), para la protección de estas regiones. Considerando el papel que se les concede a las áreas protegidas ante el cambio climático es necesario:

- Reforzar las políticas de las Áreas Protegidas de la zona costera de la República Dominicana, considerando que constituyen reservas de nuestra biodiversidad ante los impactos del clima a la vez que los almacenes de CO₂ que pueden ayudar en las condiciones actuales de desequilibrio de los gases de invernadero.
- Contribuir a mantener sin intervención antrópica las Áreas Protegidas por cuanto constituyen las únicas regiones del país donde las características de los ecosistemas costeros se mantienen en su estado más natural, lo que las convierte en regiones aptas para evolucionar favorablemente ante los impactos del clima en beneficio del mantenimiento de la biodiversidad genética nacional.

Tabla 32. Resumen de diferentes categorías de Áreas Protegidas en la zona costera y marina de la República Dominicana (según Gaceta Oficial, 1996). PN: Parque Nacional, SMM: Santuario de Mamíferos Marinos, RFS: Refugio de Fauna Silvestre, RA: Reserva Antropológica, RB: Reserva Biológica, RC: Reserva Científica, MN: Monumento Nacional, VP: Vía Panorámica, ANR: Área Nacional de Recreo.

Cuencas hidrográficas	Áreas Protegidas
Pedernales/Barahona	PN: Jaragua/ VP: Mirador del Paraíso
Montecristi	PN: Montecristi
Azua, Baní y San Cristóbal	PN: Julio Cicero/ MN: Felix Servio Ducoudroy, Bahía de Puerto Viejo
Santo Domingo	PN: Litoral Sur de Santo Domingo/ ANR: Playa Andrés en Boca Chica
S. Pedro de Macorís/ La Romana	PN: Submarino La Caleta/ RFS: Laguna Mallen/ MN: Isla Catalina
La Altagracia	PN: del Este/ RFS: Laguna Bávaro/ VP: Costa Azul
Miches/ Sabana de la Mar	PN: Bahía de Maimón, Los Haitises/ RFS: Bahía de la Jina/ RC: Lagunas Redonda y Limón/ MN: Albúfera de Maimón/ ANR: Cayo Levantado
Samaná	PN: Alain Henri Liogier/ SMM: Banco de la Plata/ PN: Los Haitises/ RB: Idelisa Bonnelly de Calventi
Puerto Plata/Espailat	PN: Cabo Francés Viejo, Litoral Norte de Puerto Plata/ RFS: La Gran Laguna/ MN: Bahía de Luperón, Laguna de Cabarete y La Goleta/ VP: Mirador del Atlántico

Capítulo 7. Referencias

- AES 2000. Estudio de Impacto Ambiental para la instalación de una planta de producción de energía termoeléctrica. AES Corporation. Datos físicos y químicos de aguas marinas.
- Ali, A. Climate change impacts and adaptation assessment in Bangladesh. *Climate Search*, 12;: 109-116.
- Almonte, N. C. 1976. Bahía de Las Calderas, flora y fauna. Editora Amigo del Hogar, Santo Domingo, 124 pp.
- Alvarez, P., C. Duval, T. Colón, G. González, F. Battle, E. Martínez, J. Gómez, L. Comprés, P. Castellanos y N. Piña 1991. Aspectos clínicos, epidemiológicos y antropológicos de la ciguatera en República Dominicana. *Indotécnica* 4(1): 7-12.
- Alvarez, V. 1994. Los manglares de la República Dominicana. Pp. 209-217. En: *El ecosistema de manglar en América Latina y la Cuenca del Caribe: su manejo y conservación* (D. O. Suman, ed.).
- Ashton, M. A, C. A. Tosteson, y T. R. Tosteson, 1999. Toxin production in relation to elevated temperature exposure in laboratory cultured *Ostreopsis lenticularis*. Abstract. <http://www.aslo.org/santafe99/abstracts/SS42TH0093S.html>
- Aurell, M. 2000. Sedimentación marina y cambio climático. <http://www.ciencia.vanguardia.es/ciencia/medi/ART/m38.html>
- Barnwell, F. H. 1977. Phase synchrony of skeletal rhythms within populations of corals (*Millepora* and *Acropora*) at Boca Chica, Dominican Republic. *Am. Zool.*, 17: 869.
- Bergkamp, G. y B. Orlando 1999. Los humedales y el cambio climático: examen de la colaboración entre la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán 1971) y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. http://www.ramsar.org/key_unfccc_bkgd_s.htm.
- Betancourt, L y A. Herrera 2001. Impactos a los arrecifes coralinos en la Ensenada de Sosúa, Puerto Plata. *Revista Indotécnica* (9): 2, 11-19.
- Bonnelly, I. 1982. *Ectenascidia turbinata* Herdman, una ascidia común en las raíces del mangle rojo *Rhizophora mangle* de la Bahía de Las Calderas del Parque Nacional del Este. Publicación del CIBIMA, pp. 1.
- Bourgault AM, Todd E. Ciguatera poisoning acquired in the Dominican Republic – Quebec. *CDWR* 1985;11:151-52.
- CEBSE 1993. Documento síntesis, propuesta descriptiva para la implementación de la Reserva de Biosfera Bahía de Samaná y su Entorno. Centro para la Conservación y Ecodesarrollo de la Bahía de Samaná y su Entorno. Santo Domingo, República Dominicana, 76 pp.
- CESIGMA 1999. Estudio de prefactibilidad para la regeneración de las playas Sosúa y Cabarete, República Dominicana. Informe a la Secretaría de Turismo, 37 pp.
- CIBIMA 1994. Estudio preliminar sobre la biodiversidad costera y marina de la República Dominicana. Editora Alfa y Omega, Santo Domingo, 459 pp.
- Cocco, A. y G. Gutiérrez 1999. El Huracán Georges en República Dominicana: efectos y lecciones aprendidas. http://www.reliefweb.int/library/documents/paho_hurr_3domrep.pdf
- Colom, R., Z. Reyes y Y. Gil. 1994. Censo comprensivo de la pesca costera en la República Dominicana. Reportes del Propescar-Sur, Vol. I, pp. 1-34.
- CRIES 1980. Land cover/use inventory for the Dominican Republic through visual interpretation of Landsat imagery. CRIES/USDA/AID/MSU.
- De la Fuente, Santiago 1976. Geografía Dominicana. Editorial Colegial Quisqueyana, S. A., Santo Domingo, República Dominicana, 272 pp.
- Debbie's Dominican Republic 2.000. Scuba Diving in the Dominican Republic. <http://www.dominican-diving.com/> <http://www.dominican-diving.com/>
- Dirección Nacional de Parques 1986. Plan de manejo y conservación Parque Nacional Jaragua. Editora de Colores, 167 pp.
- Duval, C. 1992. Identificación de dinoflagelados considerados productores de ciguatoxinas sobre el litoral SE de Santo Domingo. *Indotécnica* 5(2): 11-18.
- Ellison, A. M. y E. J. Farnsworth 1996. Anthropogenic disturbance of Caribbean mangrove ecosystems: past impacts, present trends and future predictions. *Biotropica* 28(4a): 549-565.
- Emanuel K. A. 1987. The dependence of hurricane intensity. *Nature*, 329: 483-485.
- Enron 2000. Estudio de Impacto Ambiental. Terminal de importación de gas licuado (GNL) y una planta termoeléctrica de ciclo combinado con una capacidad nominal de 500 megavatios (Mw), Punta Caucedo. Tablas de datos sobre la calidad del agua.

- Ferrera, J., N. Lysenko y T. G. Domínguez 1990. Proyecto inventario de los recursos naturales de la Bahía de Samaná. Reporte técnico al Center for Marine Conservation, Centro de Investigaciones de Biología Marina, CIBIMA, Universidad Autónoma de Santo Domingo, 49 pp.
- Franco, O. 2000. Playas dominicanas. <http://www.inter.net.do/Dominicana/lugares/playas.htm>
- Gaceta Oficial 1996. Actos del Poder Jurídico. Año CXLV, Número 9926, Editora Cromos S. A., 57 pp.
- Geraldes F. X. 1995. Caracterización y evaluación ecológica de los sistemas arrecifales y comunidades costeras del sector San Pedro de Macorís-Punta Caucedo, República Dominicana. Oficina Nacional de Planificación, Secretariado Técnico de la Presidencia, 27 pp.
- Geraldes F. X. 2000. Parque Nacional del Este, Dominican Republic. Environment and development in coastal regions and in small islands. Centro de Investigaciones de Biología Marina, Universidad Autónoma de Santo Domingo, Santo Domingo, República Dominicana. <http://www.unesco.org/csi/pub/papers/geraldes.htm>
- Geraldes, F. X. 1994. Iniciativa para la conservación de los arrecifes coralinos del Caribe, República Dominicana. Informe final del proyecto 1993-1994, Centro de Investigaciones de Biología Marina, CIBIMA, Universidad Autónoma de Santo Domingo, 74 pp.
- Geraldes, F. X. e I. Bonnelly, 1978. Los arrecifes de coral de la costa Sur de la República Dominicana. Ecología y Conservación. En: Conservación y Ecodesarrollo, Centro de Investigaciones de Biología Marina, CIBIMA, Universidad Autónoma de Santo Domingo, pp. 108 – 145.
- Geraldes, F. X., C. Mateo, G. Rosado, V. Alvarez, E. J. Marciano, M. Vega, S. Navarro, E. Pugibet, M. P. Pérez, H. Ramírez, V. Rivas, Y. Rodríguez, D. Montero, M. Asunción y C. Montero 1998. La diversidad biológica de los ecosistemas marinos del Parque Nacional de Montecristi, Reporte técnico final al proyecto GEF-PNUD/ONAPLAN: Conservación y Manejo de Biodiversidad de la Zona Costera de la República Dominicana, Centro de Investigaciones de Biología Marina, CIBIMA, Universidad Autónoma de Santo Domingo, 36 pp.
- Geraldes, F. X., M. Vega, E. Pugibet, R. E. Torres, Y. Rodríguez, L. Almanzar y D. Guerrero 1997. Estudio y prospección de las condiciones ecológicas ambientales y uso del Parque Nacional Submarino La Caleta, Informe final, Fundación Dominicana ProInvestigación y Conservación de los Recursos Marinos, MAMMA, Inc., 61 pp.
- Giudicelli, M. 1996. Las pesquerías dominicanas: evolución, situación y perspectivas. Informe de la FAO, 52 pp.
- Gommes, R., J. du Guerny, F. Nachtergaele y R. Brinkman 1998. The vulnerability index. En: Potential impacts of sea level rise on populations and agriculture. SD Dimesnsions/ Special.
- Hales S, P. Weinstein y A. Woodward 1999. Ciguatera (fish poisoning), El Niño, and Pacific sea surface temperatures. *Ecosystem Health*, 1999, (5): 20-25.
- Hartshorn, G., Antonini, G., Bobois, R., Harcharik, D., Heckadon, S., Newton. H., Quesada, C., Shores, J. and Staples, G. 1981. La República Dominicana- Perfil Ambiental del país - Un Estudio de Campo. AID Contract No. AID/SOD/PDC-C-0247. JRB Associates, Virginia 126 pp.
- HELVETAS 1998. Elementos de debate acerca de turismo y ecoturismo. Caso de estudio - Provincia Samana, República Dominicana. Programa de conservación ambiental de HELVETAS. <http://kiskeya-alternative.org/>
<http://kiskeya-alternative.org/>
- Herrera, A y E. Matos 2000. National Statements on Vulnerability and Adaptation to Climate and Sea-Level Change in Dominican Republic. Workshop of Assessment and Vulnerability, Trinidad y Tobago, Marzo 13-25, 11 pp.
- Herrera, A. 2000. La clasificación numérica y su aplicación en la ecología. INTEC, 110 pp.
- Herrera, A., L. Betancourt y F. D. León 1997. Las Pesquerías de la Langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en el Parque Nacional Jaragua, República Dominicana: Actualidad y Perspectivas. Reporte final de resultados, 20 pp.
- HHA, 1998. Dominican Holiday. Estudio oceánico-costero de la Playa Mortero. Henríquez Holsteinson y Asociados, SA., 63 pp.
- HPB 1997 ciguatera fish poisoning linked to the ingestion of barracuda in a montreal restaurant — QUEBEC. Health Protection Branch - Laboratory Centre for Disease Control. Canada Communicable Disease Report - Volume 23-20, October 15.
- InfoSinergia 2000. Directorio de playas de la República Dominicana <http://www.aguaita.com/aguaita/ repdom.nsf/pag/Que+es+Aguaita>
- IPCC 1990. Sea level rise: climate change: the IPCC scientific assessment. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kusler, J., Brinson, M., Niering, W., Patterson, J., Burkett, V. y Willard, D. 1999. Wetlands and climate change: scientific knowledge and management options. White Paper Institute for Wetland Science and Public Policy, Association of State Wetland Managers / Wetlands International, 27 págs.
- la Conservación y Ecodesarrollo de la Bahía de Samaná y su Entorno, CEBSE, Inc., 47 pp.
- Limia. M. 2001. Construcción de escenarios climáticos para República Dominicana. Informe de Consultoría al Proyecto PNUD DOM/99/G31, 29 pp.

- Luca, M. G. 2000. Algunas consideraciones conceptuales y Turismo Sostenible-problemática actual. http://www.cyberambiental.com/suplementos/ecoturismo/turismo_sostenible.htm
- Luczkovich, J. J. 1991. Marine Ecology of the Buen Hombre Coast. En: Satellite monitoring of coastal marine ecosystems: a case from the Dominican Republic, R. W. Stoffle y D. B. Halmo, eds., East Carolina University, pp. 93-141.
- Marcano, J. C. 2000. Mares y Costas de República Dominicana. http://www.inter.net.do/Dominicana/lugares/mares_costa.htm
- Mateo, C. M. 1991. Estudio cualitativo y cuantitativo de la fauna de invertebrados asociados a las raíces del mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en el Río Soco, San Pedro de Macoris. Contribuciones del Centro de Investigaciones de Biología Marina (CIBIMA), 95: 1-17.
- Maul, G. 1989. Implications of Climate Changes in the Wider Caribbean Region. Caribbean Environment Programme. United Nations Environment Programme, CEP Technical Report No. 3.
- Maul, G. 1989. Implications of Climate Changes in the Wider Caribbean Region. Caribbean Environment Programme. United Nations Environment Programme, CEP Technical Report No. 3.
- Muehe, D. y C. F. Neves 1995. The implications of sea-level rise on the Brazilian coast: A preliminary assessment. Journal of Coastal Research, Special Issue 14: 54-78.
- ONE 1993. Resultados preliminares del VII Censo Nacional de Población y Vivienda, Oficina Nacional de Estadísticas, 200 pp.
- Ottenwalder, J. A., A. Herrera y L. Betancourt en prensa. Biodiversidad de la República Dominicana y Haití. Proyecto GEF-PNUD/ONAPLAN Biodiversidad Costera y Marina de la República Dominicana, 167 pp.
- Patz J. 2000- Climate Change and Health for Small Island States: Keynote and charge to the Workshop. Climate Variability and Change and their Health Effects in Pacific Island Countries, Apia, Samoa, 25-28 July 2000: Workshop Report. WHO/SDE/OEH/01.1
- Pérez, R., L. A. Amadore y R. B. Feir 1999. Climate change impacts and responses in the Phillipine coastal sector. Climate Research, 12(3-3): 97-107.
- PNUD, 1997. Reporte de misión para la República Dominicana. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Polonia, A., A. Rivas, F. Richardson y R. Lamelas 1995. Variaciones en la abundancia de dinoflagelados ciguatóxicos y factores incidentes, en dos playas de la costa Sur de la República Dominicana. Indotécnica 7(1): 9-19.
- PRONATURA 1993. Diagnóstico preliminar integrado de la zona costero-marina de la República Dominicana. Secretariado Técnico de la Presidencia/Oficina Nacional de Planificación, 74 pp.
- Roy Y. 1998. Canadá: Envenenamiento del pescado por Ciguatera. Datos de la Agencia de Inspección de Alimentos Canadiense, Montreal. Infopesca, No. 42.
- Saenger, P., E. Hegerl y J. Davie 1983. Global status of mangrove ecosystems. The Environmentalist 3 (Suppl. 3): 1-88.
- Saizar, A. 1996. Gestión de la zona costera y cambio climático. En: Hacia el desarrollo sostenible de la zona costera del Río de la Plata, Conferencia Internacional, Montevideo, 25-27 de noviembre de 1996, Resumen de Exposiciones. [http://www.idrc.ca/lacro/docs/conferencias/ecodoc3.html#gestion de la zona costera y cambio climático](http://www.idrc.ca/lacro/docs/conferencias/ecodoc3.html#gestion%20de%20la%20zona%20costera%20y%20cambio%20climatico)
- Sang, L. 1994. Arrecifes de coral. Caracterización de ecosistemas costeros y marinos en la Bahía de Samaná. Centro para la Conservación y Ecodesarrollo de la Bahía de Samaná y su Entorno, Inc., pp. 73-92.
- Sang, L. 1996. Estudio de los Arrecifes de Coral de la Costa Norte de la Península de Samaná. Proyecto Inventario de la Biodiversidad y Caracterización de las Comunidades del Entorno de la Península y Bahía de Samaná, Centro para la Conservación y Ecodesarrollo de la Bahía de Samaná y su Entorno, CEBSE, Inc. 97 pp.
- Sang, L., D. León, M. Silva and V. King 1997. *Diversidad y composición de los desembarcos de la pesca artesanal en la región de Samaná*. Proyecto de Conservación y Manejo de la Biodiversidad en la Zona Costera de la República Dominicana GEF-PNUD/ONAPLAN, 52 pp.
- Saunders M. A. y A. R. Harris 1997. Statistical evidence links exceptional 1995 Atlantic hurricane season to record seas warming. Geophys. Res. Lett., 24: 1255-1258.
- Sleath, M. 2000. Tropical fish may be off the menu. News in Science XX. http://www.abc.net.au/science/news/print/print_101874.htm
- Suman, D. 1994. Status of mangroves in Latin American and the caribbean basin. Pp. 11-20. En: El ecosistema de manglar en América Latina y la Cuenca del Caribe: su manejo y conservación (D. O. Suman, ed.).

- Todd E. Ciguatera fish toxin poisoning: an outbreak in Canadian tourists in the Dominican Republic. *CDWR* 1986;12:73-75.
- Tolentino, L. y M. Peña 1998. Inventario de la vegetación y uso de la tierra en la República Dominicana. *Moscosa* 10: 179-203.
- TR&D 1992. Investigación intensiva de las actividades rurales y urbanas y sus impactos en los recursos de agua y costeros. Tropical Research and Development, Inc. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional/República Dominicana, 200 pp.
- Transivalsa 1998. Rehabilitación Playa Hotel Hamaca tras daños causados por el Huracán Georges. Informe Técnico, 18 pp.
- Watson R. T., M. C. Zinyowera, R. H. Moss y D. J. Dokken (editores) 1997. Summary for Policymakers. The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability. A special Report of IPCC Working Group II. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Weil, E. 1997. Coral, Octocoral and Sponge Diversity on Reefs of the Jaragua National Park, Dominican Republic. Reporte de la Expedición de julio de 1997 al Parque Nacional Jaragua, República Dominicana, Dpto. de Ciencias Marinas, Univ. de Puerto Rico, 11 pp.
- Williams, E. H., I. Clavijo, J. J. Kimmel, P. L. Colin, C. Díaz, A. T. Bardales, R. A. Armstrong, L. Bunkley, R. H. Boulon y J. R. García 1983. A checklist of marine plants and animals of the south coast of the Dominican Republic. *Carib. J. Sci.* 19 (1-2): 39-54.
- Wittes R. C, MacLean JD. Ciguatera poisoning with neurologic findings – four more probable cases in Canada. *CDWR* 1984;10:202-04.