

MATERIALES DE CAPACITACIÓN DEL GCE SOBRE EVALUACIONES DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN

Capítulo 5: Recursos costeros



ÍNDICE

ÍNDICE.....	I
5.1 INTRODUCCIÓN	1
5.2 FACTORES DEL CAMBIO	3
5.2.1 Nivel del mar.....	3
5.2.2 Escenarios del nivel del mar.....	5
5.2.3 Cambios en tormentas y niveles de agua extremos	7
5.2.4 Otros factores oceánicos (por ejemplo, régimen de olas, corrientes, acidificación de los océanos, temperatura de la superficie del mar).....	10
5.2.5 EL NIÑO/LA NIÑA-OSCILACIÓN AUSTRAL (ENOA)	10
5.2.6 Factores no climáticos.....	12
5.3 IMPACTOS POTENCIALES	13
5.3.1 Impactos biofísicos	15
5.3.2 Impactos socioeconómicos	17
5.4 RESUMEN DE LA SITUACIÓN	18
5.5 REQUISITOS DE DATOS, HERRAMIENTAS Y MÉTODOS.....	20
5.5.1 Consideraciones generales	20
5.5.2 Evaluación de sondeo	21
5.5.3 La regla de Bruun	23
5.5.4 Evaluación de la vulnerabilidad	25
5.5.5 Evaluación de planificación	28
5.5.6 Modelos integrados de evaluación de zonas costeras	28
5.5.7 Evaluaciones basadas en los riesgos: un enfoque combinado	29
5.6 HERRAMIENTAS.....	31
5.7 DATOS.....	36



5.8	ADAPTACIÓN.....	38
5.8.1	Planificación	43
5.8.2	Integración.....	46
5.8.3	Incorporación.....	46
5.8.4	Supervisión y evaluación.....	47
5.9	BIBLIOGRAFÍA.....	48
5.10	LECTURAS ADICIONALES.....	53

5.1 INTRODUCCIÓN

La subida mundial del nivel del mar debido al cambio climático provocará una amplia gama de efectos físicos y ecológicos sobre los sistemas costeros. Estos incluyen inundaciones, daños provocados por tormentas e inundaciones, pérdida de humedales, erosión, intrusión de agua salada y subida de los niveles freáticos. Otros efectos del cambio climático, como un aumento de la temperatura del agua, cambios en el régimen pluviométrico, así como en la trayectoria, frecuencia e intensidad de las tormentas, afectarán también a los sistemas costeros tanto directamente como a través de interacciones con la subida del nivel del mar. La subida de las temperaturas de la superficie del mar es probable que provoque la migración de especies costeras hacia latitudes más elevadas (especialmente cuando esta subida está vinculada a una mayor acidificación de los océanos) y una mayor decoloración del coral. Los cambios en el régimen pluviométrico y el perfil de intensidad de las tormentas modificarán los riesgos de daños provocados por inundaciones y tormentas.

Error! Reference source not found. resume algunos de los principales impactos biogeofísicos y socioeconómicos del cambio climático y la subida del nivel del mar, y sus interacciones. Estos efectos biogeofísicos, a su vez, tendrán impactos socioeconómicos directos e indirectos sobre los asentamientos humanos, la agricultura, el suministro y la calidad del agua dulce, los recursos pesqueros, el turismo, los servicios financieros y la salud humana en las zonas costeras (Nicholls et al., 2007). También es probable que se produzcan cambios generalizados en los bienes y servicios comercializados como la tierra, las infraestructuras y la productividad agrícola e industrial.

Figura 5-1: El cambio climático y el sistema costero muestran los principales factores del cambio climático (Fuente: McGray et al., 2007)

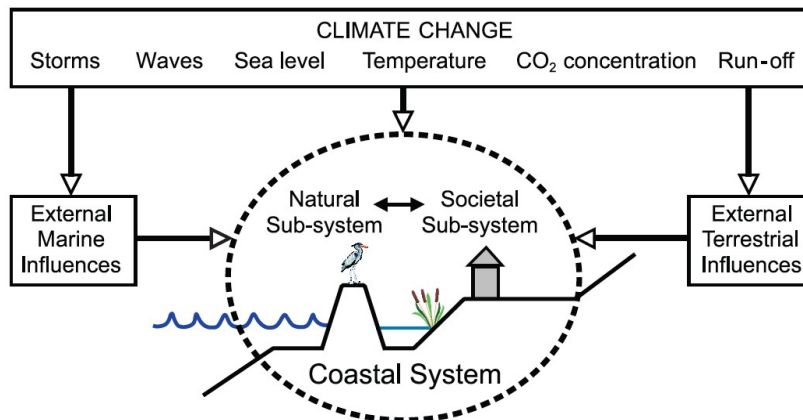




Tabla 5-1: Factores primarios de los impactos costeros del cambio climático, factores secundarios y procesos (adaptado del NCCOE, 2004)

Factor primario	Secundario o proceso variable
<ul style="list-style-type: none">• Nivel medio del mar	<ul style="list-style-type: none">• Nivel local del mar
<ul style="list-style-type: none">• Corrientes oceánicas, temperatura de la superficie del mar (SST) y acidificación	<ul style="list-style-type: none">• Corrientes locales• Vientos locales• Olas locales• Efectos sobre estructuras
<ul style="list-style-type: none">• Régimen de vientos	<ul style="list-style-type: none">• Aguas subterráneas
<ul style="list-style-type: none">• Régimen de olas	<ul style="list-style-type: none">• Inundaciones costeras
<ul style="list-style-type: none">• Lluvias/escorrentía	<ul style="list-style-type: none">• Respuesta de la playa
<ul style="list-style-type: none">• Temperatura del aire	<ul style="list-style-type: none">• Estabilidad de la anteplaya• Transporte de sedimentos• Hidráulica de los estuarios• Calidad de las aguas costeras• Ecología

Las evaluaciones de la vulnerabilidad de los recursos costeros ante los impactos del cambio climático deberían distinguir entre «vulnerabilidad del sistema natural» y «vulnerabilidad del sistema socioeconómico». Aunque ambos dependen de la capacidad de sensibilidad, exposición y adaptación (véase Smit et al., 2001), están claramente relacionados y son interdependientes, el análisis de la vulnerabilidad socioeconómica ante la subida del nivel del mar, no obstante, requiere una comprensión previa sobre cómo se verá afectado el sistema natural. Por tanto, un análisis de la vulnerabilidad costera suele comenzar con el estudio de la respuesta natural del sistema. Además, deben reconocerse otros efectos climáticos y no climáticos en un análisis de vulnerabilidad porque la subida del nivel del mar no puede aislarse fácilmente de otros procesos costeros y los sistemas costeros evolucionan debido a factores distintos de la subida del nivel del mar.

La adaptación ante la subida del nivel del mar será esencial en el siglo XXI y más adelante, mediante la respuesta tanto a los niveles medio y extremo del mar como a otros factores climáticos. Considerando la población ya numerosa y en rápido crecimiento en la zona costera, la adaptación autónoma por sí sola no será capaz de enfrentarse al aumento regional del nivel del mar (Nicholls, 2010). Por tanto, todos los



niveles de gobierno desempeñan un papel fundamental para desarrollar y facilitar respuestas apropiadas (Tribbia and Moser, 2008).

5.2 FACTORES DEL CAMBIO

El sistema costero es un entorno dinámico con interacciones complejas entre factores de cambio climáticos y no climáticos, como se resume en **Error! Reference source not found.** Un enfoque útil para considerar los factores clave del cambio y su impacto sobre procesos costeros secundarios se presenta en las Directrices para responder a los efectos del cambio climático en la ingeniería oceánica y costera (Guidelines for Responding to the Effects of Climate Change in Coastal and Ocean Engineering)¹ del Comité Nacional Australiano de Ingenieros sobre Ingeniería Oceánica y Costera (*Engineers Australia National Committee on Coastal and Ocean Engineering (NCCOE)*). El enfoque del NCCOE considera seis factores climáticos primarios y su respectivo impacto sobre 13 secundarios o variables de proceso. El enfoque es útil en lo que se refiere a que permite a un usuario establecer un matriz de evaluación para una gama de evaluaciones del impacto. La **Error! Reference source not found.** muestra los factores primarios junto con las variables secundarias del proceso.

5.2.1 NIVEL DEL MAR

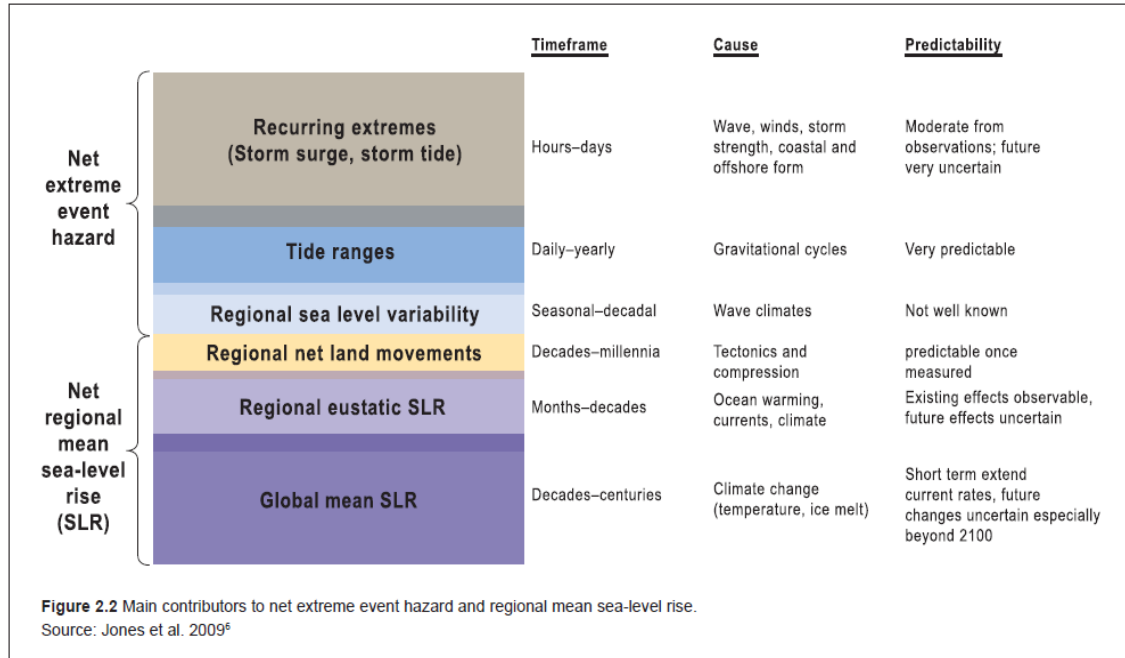
Los cambios en el nivel del mar se producen como resultado de cambios a gran escala, en toda la cuenca y a nivel mundial, en los niveles del mar y movimiento de tierras, así como de cambios regionales y locales (Church et al., 2010). El nivel del mar en cualquier momento es la suma del nivel medio del mar más el estado de las mareas, la formación de olas, las respuestas a la presión del aire y los vientos cercanos a la costa. Además, el nivel del mar puede verse afectado por flujos de agua cercanos a la costa a través de ríos y corrientes freáticas. La temperatura de la superficie del mar (SST) es también un factor importante para la subida del nivel del mar.

Como resultado del cambio climático, es probable que tanto las condiciones medias como las extremas, en las condiciones del nivel del mar, cambien a lo largo de una gama de escalas temporales (**Error! Reference source not found.**).

¹ <<http://www.engineersaustralia.org.au/coastal-ocean-engineering/publications>>



Figura 5-2: Contribuciones principales de amenazas netas de fenómenos extremos y subida regional del nivel medio del mar (Fuente: Jones et al., 2009).



La subida relativa del nivel del mar (es decir, la subida del nivel del mar en relación con la tierra, que a su vez puede estar subiendo o bajando) tiene una amplia gama de efectos sobre los procesos costeros. Además de la subida del nivel de los océanos, la subida del nivel del mar también afecta a los procesos costeros que operan alrededor del nivel medio del mar (por ejemplo, mareas, olas – consúltese **Error! Reference source not found.**). Los efectos inmediatos de una subida del nivel del mar, por tanto, incluyen la inundación y una mayor frecuencia e intensidad de las inundaciones de tierras costeras. Los efectos más a largo plazo incluyen cambios en la forma del terreno, en particular la erosión de las playas y la disminución de las marismas al ajustarse la costa a las nuevas condiciones medioambientales.

Es importante mencionar que las aguas costeras seguirán viéndose afectadas por mareas extremas, mareas de tormenta y mareas de leva, que pueden volverse cada vez más graves en muchos lugares como resultado del cambio climático. Estos factores interactuarán con los sedimentos en los sistemas costeros. El efecto combinado de la subida de los niveles del mar y los cambios en los extremos producirán probablemente riesgos mucho mayores en las zonas costeras que cualquier factor aislado.

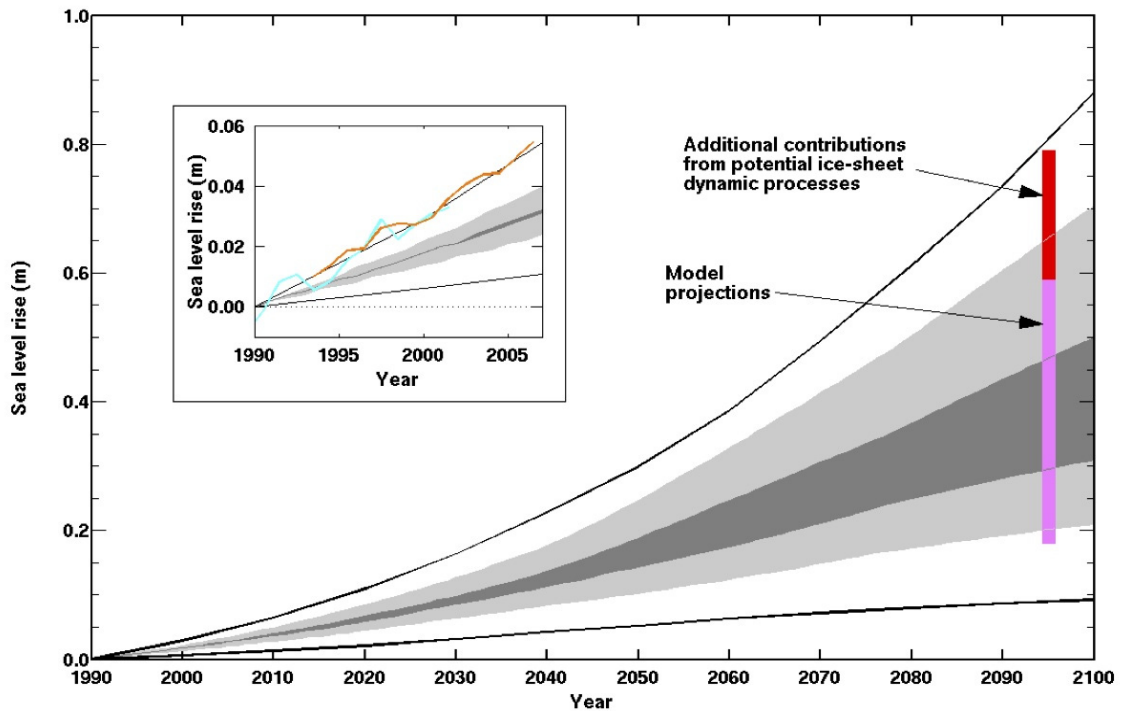
5.2.2 ESCENARIOS DEL NIVEL DEL MAR

Las proyecciones de subida del nivel del mar del Tercer Informe de Evaluación (TIE) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) se expresaron en forma de niveles promedio en todo el mundo para el año 2100 en comparación con los niveles de 1990, mientras que en el Cuarto Informe de Evaluación (CIE) se expresaron para la década de 2090 a 2100 en comparación con los promedios de 1980 a 2000.

El promedio de las proyecciones modelo del TIE para la gama completa de escenarios de emisiones es aproximadamente de 30 a 50 cm (sombra gris de la figura 5-3). La gama de todas las proyecciones modelo en todos los escenarios de emisiones es aproximadamente de 20 a 50 cm (sombra clara de la figura 5-3). La gama completa de proyecciones, incluyendo un margen de incertidumbre en las estimaciones sobre las contribuciones del hielo en tierra, se calculaban para una subida del nivel del mar aproximadamente de 9 a 88 cm (líneas negras exteriores de la figura 5-3).

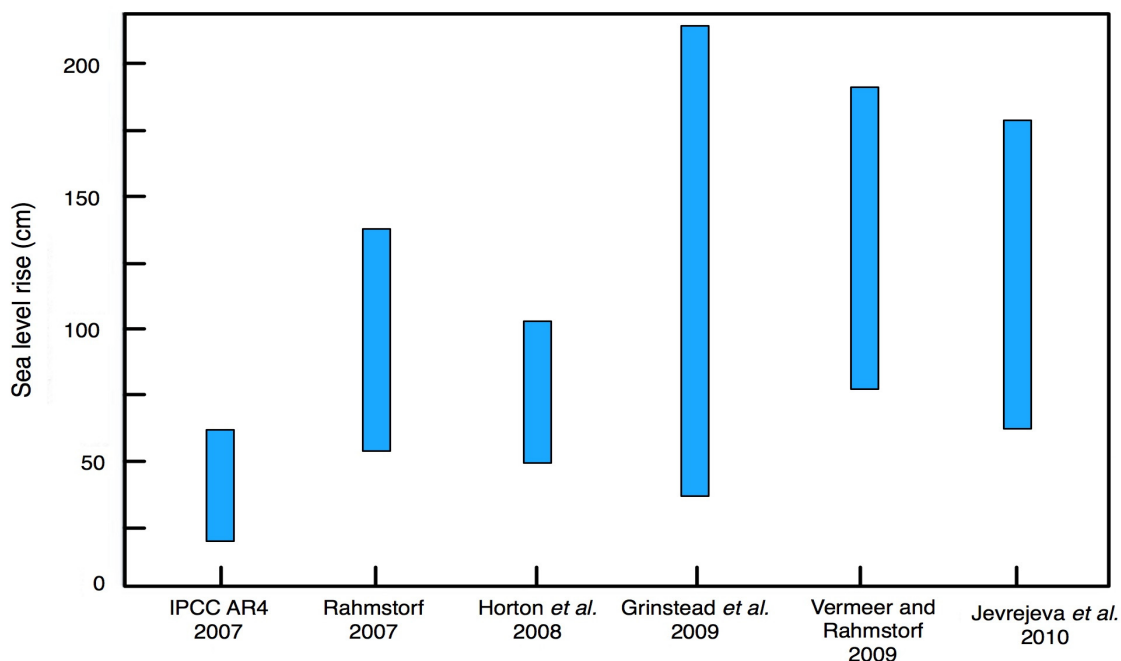
Las proyecciones de subida del nivel del mar del CIE tienen dos componentes. El primero incluye la subida del nivel del mar estimada a partir de la expansión térmica de los océanos, glaciares y casquetes glaciares, y las contribuciones calculadas del manto de hielo, y consiste en una subida del nivel del mar aproximadamente de 18 a 59 cm en 2095 (barra magenta **Error! Reference source not found.**). El segundo componente consiste en una posible respuesta dinámica rápida del manto de hielo de la Antártida occidental y Groenlandia, que podría resultar en una aceleración de su contribución a la subida del nivel del mar (Church at al., 2010). El CIE asumía una tolerancia de entre 10 y 20 cm para la respuesta de estos mantos de hielo (barra roja **Error! Reference source not found.**).

Figura 5-3: Gama proyectada de subida del nivel del mar para el siglo XXI: Las proyecciones del TIE se indican mediante las zonas sombreadas y las líneas curvas representan los límites superior e inferior. Las proyecciones del CIE son las barras insertadas en 2095. El cuadro muestra el nivel del mar observado con altímetros de satélite de 1990 a 2001 (naranja) y observados con mediciones del nivel del mar en la costa de 1990 a 2001 (azul) (Fuente: Church et al., 2008).



Es importante tener en cuenta que las estimaciones del CIE de subida del nivel del mar se suelen percibir en general como estimaciones demasiado bajas en el contexto de estudios revisados por homólogos publicados recientemente. Estudios recientes que utilizan modelos semiempíricos han estimado los valores de subida del nivel del mar en más de 1 metro, en general, para el siglo XXI (**Error! Reference source not found.**). Se puede encontrar más información sobre estos estudios en particular en la siguiente sección de este capítulo.

Figura 5-4: Gama de estimaciones más recientes para el siglo XXI de subida del nivel del mar a partir de modelos semiempíricos comparados con el CIE del IPCC (Fuente: Rahmstorf, 2010).



5.2.3 CAMBIOS EN TORMENTAS Y NIVELES DE AGUA EXTREMOS

La intensidad y frecuencia de los sistemas de tormenta son factores clave de niveles extremos del agua y altura de las olas, erosión episódica, inundación de zonas de baja altitud e inundaciones, entre otros (Nicholls *et al.*, 2007). El CIE sugiere un aumento en la intensidad de los sistemas de tormentas y, más recientemente, el estudio “Ciclones tropicales y cambio climático” (Tropical cyclones and climate change) (Knutson *et al.*, 2010), que ha sido adoptado por la declaración de consenso sobre ciclones tropicales de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), sugiere que habrá un cambio hacia tormentas más fuertes, con aumentos de intensidad del 2 al 11 por ciento en 2100, descensos en la frecuencia media mundial de ciclones tropicales de un 6 a un 34 por ciento y aumentos del 20 por ciento en el índice de pluviosidad a 100 km del centro de la tormenta. Los cambios en la trayectoria y la duración de las tormentas siguen sin estar claros.

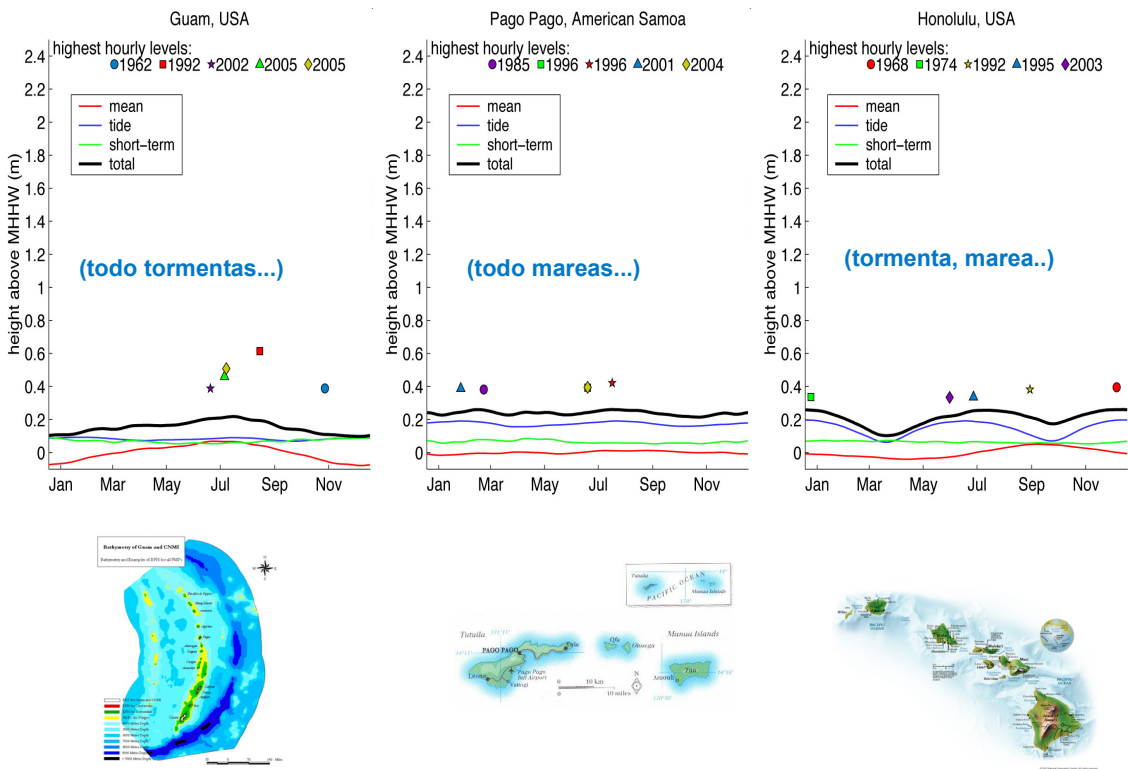
No obstante, de acuerdo con un informe especial de los Grupos de Trabajo I y II del IPCC (IPCC, 2012), es probable que se haya producido un cambio hacia los polos en las principales trayectorias de las tormentas hacia el norte y el sur en los últimos 50 años. Hay un acuerdo firme con respecto a este cambio entre varios productos de

reanálisis para un amplia selección de parámetros de ciclones y métodos de identificación de ciclones, y las aproximaciones de tormentas basadas en la presión de Europa y Australia concuerdan con un cambio hacia los polos en los últimos 50 años, lo que indica que las pruebas son firmes. Se han logrado avances en la documentación de la variabilidad decenal y multidecenal observada de los ciclones extratropicales utilizando indicadores aproximados para las tormentas. Por ello, el reciente cambio hacia los polos debería percibirse en vista de nuevos estudios con ciclos más largos que indiquen que los últimos 50 años coinciden con una actividad ciclónica relativamente baja en las zonas costeras del norte de Europa al principio del período. Varios estudios que han utilizado reanálisis sugieren una intensificación de los ciclones de alta latitud, pero todavía hay un conocimiento insuficiente sobre cómo los cambios en los sistemas de observación influyen en la intensificación de los ciclones en reanálisis, por lo que incluso en casos de fuerte acuerdo entre los estudios, las pruebas no se pueden considerar como firmes, puesto que tenemos poca confianza en estos cambios.

Se han notificado otros cambios regionales en la intensidad y el número de ciclones. No obstante, el nivel de acuerdo entre los distintos estudios que utilizan algoritmos distintos de seguimiento, distintos reanálisis o distintos parámetros de ciclones sigue siendo bajo. Por tanto, confiamos poco en la amplitud, y en algunas regiones en el signo, de los cambios regionales.

En lo que se refiere a las tormentas, de acuerdo con el IPCC (2012), los estudios posteriores al CIE proporcionan pruebas adicionales de que las tendencias de crecidas extremas de las aguas costeras en todo el mundo reflejan los incrementos en el nivel medio del mar, lo que sugiere que la subida del nivel medio del mar, en vez de los cambios en las tormentas, contribuyen enormemente a este aumento (aunque los datos de muchas regiones son escasos, y esto reduce la confianza en esta evaluación). Por tanto, se considera probable que la subida del nivel del mar haya conducido a un cambio en las crecidas extremas de las aguas costeras. Es probable que exista una influencia antropogénica en los niveles altos de agua cada vez más extremos en la costa a través de contribuciones al nivel medio del mar. Aunque los cambios en las tormentas pueden contribuir a los cambios en los niveles del mar extremos (por ejemplo, Guam; véase la ilustración 5-5), la limitada cobertura geográfica de estudios hasta la fecha y las incertidumbres asociadas con cambios en las tormentas suponen, en general, que en este momento no es posible una evaluación general de los efectos de los cambios de las tormentas sobre la marejada. Sobre la base de los estudios de tendencias observadas en niveles extremadamente altos del agua en la costa, es muy probable que la subida del nivel medio del mar contribuya a las tendencias al alza en el futuro.

Figura 5-5: Serie temporal del nivel diario del agua en Guam, Pago Pago y Honolulu. Estas curvas muestran el fenómeno extremo diario (percentil 95°) del nivel observado del agua, el fenómeno extremo (percentil 95°) del nivel residual diario no afectado por la marea, el percentil 95° de la marea diaria prevista y la media diaria de nivel del agua. Se incluyen los cinco valores más altos por horas medidos para compararlos con la climatología. Guam es todo tormentas, Samoa es todo mareas y Hawaii es una mezcla (Fuente: <<http://www.pacificstormsclimatology.org/>>; John Marra, comunicación personal).



5.2.4 OTROS FACTORES OCEÁNICOS (POR EJEMPLO, RÉGIMEN DE OLAS, CORRIENTES, ACIDIFICACIÓN DE LOS OCÉANOS, TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DEL MAR)

La magnitud, frecuencia y dirección de aproximación de las olas que impactan sobre la costa son factores significativos de cambio de la línea de la costa. La variabilidad regional significativa existirá en potenciales cambios futuros (Nicholls et al., 2007).

El aumento del dióxido de carbono atmosférico (CO₂) que se disuelve en los océanos ha reducido el pH de la superficie de los océanos en 0,1 puntos desde 1750 (Nicholls et al., 2007). Un aumento de la acidificación de los océanos probablemente tendrá impactos significativos variables en el tiempo y en el espacio sobre la biodiversidad marina.

Los cambios previstos en la temperatura de la superficie del mar probablemente provoquen cambios en la estratificación/circulación; una menor incidencia del hielo marino en latitudes más altas; una mayor decoloración y mortalidad del coral; la migración de especies hacia los polos y el aumento de la floración de algas (Nicholls et al., 2007). Los cambios de la temperatura de la superficie del mar general y local influyen en particular en el ciclo climático de El Niño/La Niña-Oscilación Austral (ENOA), que a su vez provoca variabilidad del nivel regional del mar y cambios en las escalas temporales de las estaciones. El experimento del modelo climático mundial indica que gran parte de la respuesta atmosférica ante el ENOA está asociada a los cambios en la temperatura de la superficie del mar en el océano Pacífico (Lau, 1985).

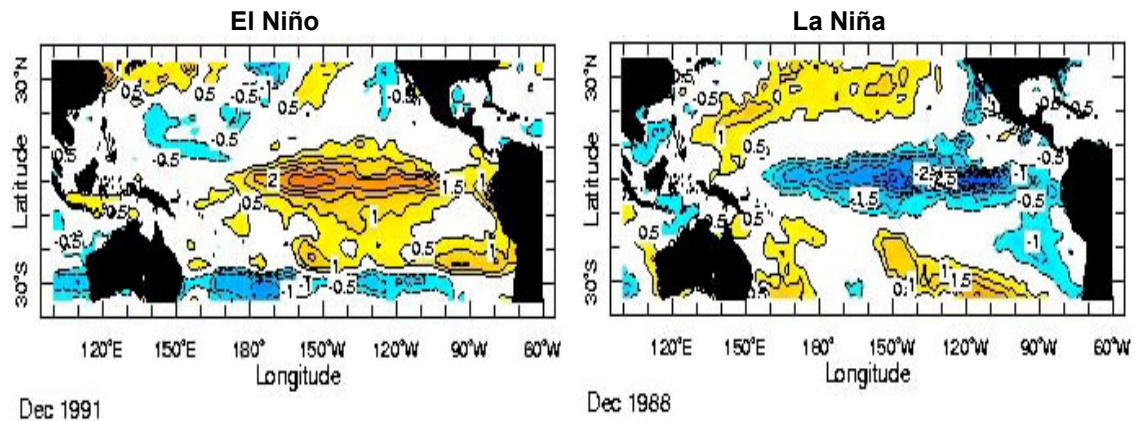
5.2.5 EL NIÑO/LA NIÑA-OSCILACIÓN AUSTRAL (ENOA)

El Niño está provocado por un calentamiento importante de las aguas ecuatoriales en el océano Pacífico. En este caso, la anomalía de las temperaturas de la superficie del mar en el Pacífico trópico aumenta (de +0,5 a +1,5 °C en la región NIÑO 3.4²) con respecto a su media a largo plazo (Ilustración 5-6). Por su parte, La Niña está provocada por un enfriamiento importante de las mismas aguas ecuatoriales, en cuyo caso la anomalía de las temperaturas de la superficie del mar en el Pacífico tropical desciende (de -0,5 a -1,5 °C en la región NIÑO 3.4) con respecto a su media a largo plazo (Ilustración 5 - 6).

² La región NIÑO 3.4 está comprendida entre 120°O–170°O y 5°S–5°N.



Figura 5-6: Temperatura de la superficie del mar en los fenómenos típicos de El Niño (figura de la izquierda) y La Niña (figura de la derecha). (Fuente: <<http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/background/basics.html>>)



La Oscilación Austral representa el componente atmosférico del ciclo en el que se produce una presión del nivel del mar más baja (más alta) de lo normal cerca de Tahití y una presión del nivel del mar más alta (más baja) en Australia durante las condiciones de "El Niño" (La Niña).³ Los fenómenos de "El Niño" (fenómeno y año se utilizan como sinónimos en este documento) se producen entre cada tres y cada siete años y pueden durar varios meses, provocando consecuencias económicas y atmosféricas significativas en todo el mundo. Durante los últimos cuarenta años, se han registrado diez de estos fenómenos graves de El Niño (La Niña), el peor de los cuales se produjo entre 1997 y 1998 (1998-99). Antes de este, el de mayor intensidad había sido el fenómeno de El Niño de 1982 a 1983. Algunos fenómenos de El Niño han persistido durante más de un año. Estos fenómenos de El Niño/La Niña se asocian a anomalías climáticas constantes (es decir, cambios en la temperatura, régimen pluviométrico y nivel del mar) en todo el mundo. Estos fenómenos, por tanto, se tratan como un componente importante del sistema climático puesto que tienen un impacto sobre la meteorología a escala mundial (véase Clarke, 2008, y sus referencias para las dinámicas de ENOA). Está es también una ciencia en rápido crecimiento y hay mucha bibliografía disponible sobre esta cuestión en distintos formatos impresos y en la web.⁴

La variabilidad del clima tropical se ha descubierto que está fuertemente influida por el ciclo climático de ENOA (Bjerknes, 1966; Ropelewski y Halpert, 1987; Chu, 1995). El bajo nivel del mar durante los fenómenos de El Niño y el alto nivel del mar durante los

³ Véase <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle/enso_cycle.shtml>

⁴ Consúltense los siguientes enlaces y referencias:

<<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>>;

<<http://portal.iri.columbia.edu/portal/server.pt?open=512&objID=491&mode=2&cached=true>>;

<<http://www.elnino.noaa.gov/index.html>>.

fenómenos de La Niña son los resultados de esta influencia (Chowdhury et al., 2007a). Las lluvias y las actividades de ciclones tropicales en el Pacífico y el Caribe también están influidas por ENOA. Por tanto, conocer las condiciones de ENOA con antelación ofrecería importantes oportunidades para proporcionar alertas tempranas sobre fenómenos meteorológicos extremos para el Pacífico, el Caribe y partes de la región de América del Sur. Esta información avanzada tendría ramificaciones económicas de gran alcance para estos países.

Para resumir, los impactos de ENOA sobre las islas del Caribe y América del Sur:

- La respuesta del Caribe al ENOA depende mucho de la parte del Caribe de la que se esté hablando, por ejemplo, al igual que el sur de Florida, se espera que Cuba tenga precipitaciones por debajo de la media durante los inviernos de La Niña;
- Haití y la República Dominicana también se suelen incluir en esa respuesta, pero con menos fiabilidad;
- Puerto Rico también, pero a un nivel todavía más bajo;
- Las Antillas Menores se encuentran en una zona de transición, en la que las septentrionales tienen ligeramente más posibilidades de estar secas durante La Niña (y húmedas durante El Niño), mientras que las australes (por ejemplo, Granada) comparten el efecto de América del Sur septentrional, que es el contrario (tendencia a la humedad durante La Niña);
- Por tanto, el lugar donde se puede asignar con más seguridad sequedad a La Niña es Cuba, y se espera el efecto contrario en las islas inmediatamente al norte de América del Sur.

5.2.6 FACTORES NO CLIMÁTICOS

“Algunas de las zonas costeras del mundo se encuentran ahora bajo la influencia de presiones humanas, aunque no todas las costas están habitadas” (Buddemeier et al., 2002). La utilización de la costa aumentó drásticamente durante el siglo XX, tendencia que parece que va a mantenerse con seguridad durante el siglo XXI”. (CIE del IPCC, p. 319)

Se ha producido una extensa modificación humana de los sistemas costeros que ha servido para influir significativamente en la exposición y sensibilidad de la costa ante el cambio climático. Estas modificaciones incluyen cambios en el suministro de sedimentos y vías de sedimentos a través de varios mecanismos – incluyendo la construcción de un puerto, obras de protección de la costa y represas río arriba para el suministro de agua dulce/energía hidroeléctrica y deforestación. El hundimiento de la



costa provocado por la extracción de aguas subterráneas también es significativo a nivel local, en particular en las costas de deltas. Estas influencias deberán considerarse cuidadosamente en la evaluación de los impactos futuros sobre la costa (descritos en la sección **Error! Reference source not found.**, debajo). Además, en las evaluaciones de impacto deberá prestarse una consideración especial a los futuros escenarios socioeconómicos de cambios en las regiones costeras a través, por ejemplo, de la urbanización (véase el capítulo 3).

Es más, deberían considerarse también los impactos de las amenazas geológicas naturales, en particular los terremotos, que pueden cambiar sustancialmente el nivel relativo del mar en cuestión de minutos y provocar tsunamis devastadores.

5.3 IMPACTOS POTENCIALES

Los impactos del cambio climático sobre zonas costeras están bien documentados en la contribución del Grupo de Trabajo II al capítulo del CIE sobre sistemas costeros y zonas de baja altitud. Los impactos pueden agruparse a grandes rasgos en dos categorías principales: impactos biogeofísicos como la erosión e inundación, e impactos socioeconómicos asociados con los impactos biogeofísicos como la pérdida de terreno y los impactos sobre los medios de subsistencia. La **Error! Reference source not found.** resume las conexiones entre ambos tipos de impactos del cambio climático y sus efectos sobre el medio costero.

Figura 5-7: Factores del cambio climático e impactos sobre la costa (Fuente: Short y Woodroffe, 2009)

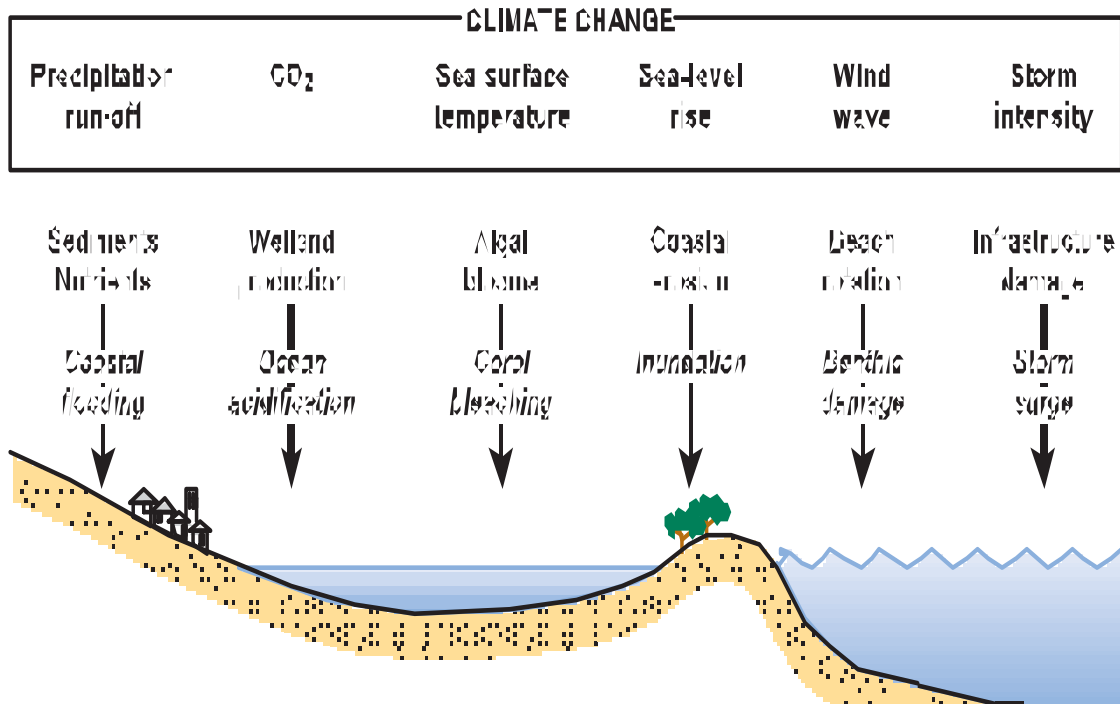


Tabla 5-2: Efectos como ejemplo del cambio climático sobre la zona costera (adaptado de Abuodha y Woodroffe, 2007)

Categoría de efecto	Efectos como ejemplo sobre el medio costero
Biogeofísico	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento de las zonas bajas costeras y humedales • Aumento de la erosión costera • Incremento de las inundaciones • Salinización de las aguas superficiales y subterráneas
Socioeconómico	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de propiedades y terrenos • Aumento de riesgos de inundación/pérdida de vidas • Daños en las obras de protección de la costa y otras infraestructuras • Pérdidas de recursos renovables y de subsistencia • Pérdida de turismo, recreación y hábitats costeros • Impactos sobre la agricultura y acuicultura a través de la pérdida de calidad de suelos y agua
Impactos secundarios del aumento acelerado del nivel del mar	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto sobre los medios de subsistencia y la salud humana • Deterioro de la salud/niveles de vida como resultado del deterioro de la calidad del agua potable • Amenaza a la calidad de la vivienda
Infraestructuras y actividad económica	<ul style="list-style-type: none"> • Desvío de recursos a respuestas de adaptación ante impactos de la subida del nivel del mar • Aumento de costes de protección • Aumento de primas de seguros • Inestabilidad política e institucional y malestar social • Amenazas a culturas y formas de vida concretas

5.3.1 IMPACTOS BIOFÍSICOS

Los impactos futuros clave y las vulnerabilidades en ecosistemas costeros están bien documentados (Nicholls et al., 2007). La **Error! Reference source not found.** destaca



los principales factores climáticos para los ecosistemas costeros, sus tendencias provocadas por el cambio climático y sus principales efectos físicos y del ecosistema. Se puede encontrar más información sobre los impactos en Nicholls et al. (2007), artículo 6.4.1.

Tabla 5-3: Factores climáticos principales para los sistemas costeros, sus tendencias provocadas por el cambio climático y sus principales efectos físicos y del ecosistema (Nicholls et al., 2007)

Factor climático (tendencia)	Principales efectos físicos y del ecosistema sobre ecosistemas costeros
Concentración de CO₂ (I)	Aumento de la fertilización de CO ₂ ; reducción del pH del agua marina (o "acidificación de los océanos") con un impacto negativo sobre los arrecifes de coral y otros organismos sensibles al pH
Temperatura de la superficie del mar (I, R)	Aumento de la estratificación/cambios en la circulación; reducción de la incidencia del hielo marino en latitudes más altas; una mayor decoloración y mortalidad del coral; migración de especies hacia los polos; aumento de la floración de algas
Nivel del mar (I, R)	Daños provocados por inundaciones y tormentas; erosión; intrusión de agua salada; subida de los niveles freáticos/drenaje dificultado; pérdida de humedales (y modificación)
Intensidad de tormentas (I, R)	Aumento de niveles de aguas y altura de olas extremos; aumento de la erosión episódica, daños provocados por tormentas, riesgo de inundación y fallo de defensa
Frecuencia de las tormentas (? , R); Trayectoria de las tormentas (? , R)	Alteración de mareas y olas de tormentas y, por tanto, riesgo de daños provocados por tormentas e inundaciones
Régimen de olas (? , R)	Alteración de las condiciones de olas, incluyendo marejada; alteración de pautas de erosión y deposición; reorientación de la forma del diseño de playa
Escorrentía (R)	Alteración del riesgo de inundaciones en tierras bajas costeras; alteración de la calidad/salinidad de las aguas; alteración del suministro de sedimentos fluviales; alteración de la circulación y

suministro de nutrientes

Leyenda: (I) = Incremento; (?) = se desconoce; (R) = variabilidad regional

5.3.2 IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS

Los impactos socioeconómicos del cambio climático suelen basarse en los cambios físicos que se resumen en **Error! Reference source not found.** Los impactos socioeconómicos del cambio climático serán transversales en la naturaleza, los impactos clave relacionados con el clima sobre los distintos sectores socioeconómicos dentro de la zona costera se presentan en la **Error! Reference source not found.** Se puede encontrar más información sobre los impactos de cada sector en particular en Nicholls et al. (2007), artículo 6.4.2.

Tabla 5-4: Resumen de impactos relacionados con el clima sobre sectores socioeconómicos en zonas costeras (Nicholls et al., 2007)

Sector socioeconómico de la costa	Aumento de la temperatura (aire y agua del mar)	Fenómenos extremos (tormentas, olas)	Inundaciones (nivel del mar, escorren-tía)	Subida de los niveles freáticos (nivel del mar)	Erosión (nivel del mar, tormentas, olas)	Intrusión de agua salada (nivel del mar, escorren-tía)	Efectos biológicos (todos los factores climáticos)
Recursos de agua dulce	X	X	X	X	-	X	x
Agricultura y silvicultura	X	X	X	X	-	X	x
Pesca y acuicultura	X	X	x	-	x	X	X
Salud	X	X	X	x	-	X	X
Turismo y ocio	X	X	x	-	X	-	X



Biodiversidad	X	X	X	X	X	X	X
Asentamientos/ infraestructuras	X	X	X	X	X	X	-
Género	X	X	X	X	X	X	-

Leyenda: X = fuerte; x = débil; - = insignificante o no establecido.

5.4 RESUMEN DE LA SITUACIÓN

En resumen, los principales efectos biofísicos del cambio climático sobre los sistemas costeros desde una perspectiva social incluyen:

- Probabilidades de aumento de frecuencia de inundaciones;
- Erosión;
- Inundación;
- Subida de los niveles freáticos;
- Intrusión de agua salada;
- Efectos biológicos.

Los efectos socioeconómicos potenciales del cambio climático son:

- Pérdida directa de valores económicos, ecológicos, culturales y de subsistencia a través de la pérdida de tierras, infraestructuras y hábitats costeros;
- Aumento del riesgo de inundaciones para la población, la tierra y las infraestructuras y los valores indicados arriba;
- Otros efectos relacionados con los cambios en la gestión de las aguas, salinidad y actividad biológica, tales como la pérdida de turismo, la pérdida de hábitats costeros y los efectos sobre la agricultura y la acuicultura.

El cambio climático mundial ya afecta, y seguirá afectando, a las comunidades costeras, los ecosistemas y los medios de subsistencia en la zona costera, donde reside más del 40 por ciento de la población mundial. Independientemente del cambio climático, las



zonas costeras se enfrentan a una amplia gama de problemas asociados con el crecimiento de la población, la contaminación de las aguas y los cambios en los flujos de agua dulce, la explotación y degradación de los recursos y un cambio generalizado del hábitat. Estas tensiones existentes probablemente se exacerbarán por el cambio climático, lo que creará un imperativo para incluir la adaptación costera como parte de una gestión costera efectiva y una prioridad para la acción inmediata para las zonas costeras (USAID, 2009).



5.5 REQUISITOS DE DATOS, HERRAMIENTAS Y MÉTODOS

5.5.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Los distintos enfoques para elaborar un modelo del movimiento de las zonas costeras debido al cambio climático están resumidos por Abuodha y Woodroffe (2007). La mayoría de los métodos para evaluar los impactos sobre las playas y costas de arena se sustentan en la premisa básica de la "norma" de Bruun con métodos que son cada vez más sofisticados para incluir respuestas de distintos tipos de costas.

Se suelen aplicar tres niveles de evaluación (véase también la **Error! Reference source not found.**):

- Nivel estratégico (evaluación de sondeo);
- Evaluaciones de vulnerabilidad (distintas escalas);
 - Nivel específico del sitio (evaluación de planificación).

Tabla 5-5: Niveles generales de evaluación para evaluaciones de vulnerabilidad costera (adaptado de Hoozemans y Pennekamp, 1993; WCC'93, 1994)

Nivel de evaluación	Escala temporal requerida	Precisión	Conocimiento previo	Otros escenarios considerados (además de la subida del nivel del mar)
Nivel estratégico (evaluación de sondeo)	De 2 a 3 meses	La más baja	Baja	Direcciones del cambio
Evaluaciones de vulnerabilidad (distintas escalas)	De 1 a 2 años	Media	Media	Escenarios socioeconómicos probables y escenarios de factores principales de cambio climático
Nivel específico del sitio (evaluación de planificación)	En curso	La más alta	Alta	Todos los factores de cambio climático (a menudo con múltiples escenarios)

El objetivo de las evaluaciones de sondeo y evaluaciones de vulnerabilidad es centrar la atención en cuestiones críticas relativas a la zona costera para ayudar en la priorización de la escala amplia de preocupación y focalizar los estudios futuros, más que para proporcionar previsiones detalladas. Las evaluaciones a nivel específico del sitio (evaluaciones de planificación) pretenden desarrollar evaluaciones muy detalladas de respuestas ante la subida del nivel del mar y el cambio climático. Dichas evaluaciones pueden integrarse dentro de los requisitos de la evaluación de impacto ambiental (EIA) o llevarse a cabo debido a otras condiciones legales de planificación del uso del suelo como las requeridas para el desarrollo de nuevos terrenos urbanos en la costa. Además, las evaluaciones de planificación pueden integrarse dentro de marcos más amplios de ordenación integrada de zonas costeras (Kay y Alder, 2005), que tratan de integrar respuestas a todos los problemas existentes y potenciales de la zona costera, incluyendo la minimización de la vulnerabilidad ante los efectos a largo plazo del cambio climático.

Al determinar el enfoque apropiado para evaluar los impactos probables del cambio climático sobre la zona costera, deberían considerarse varias cuestiones (Lu, 2006).

- ¿Quiénes son los usuarios finales específicos de los resultados de la evaluación? (La respuesta a esta pregunta informará sobre el nivel de detalle técnico requerido; los métodos para el tratamiento de incertidumbres; y el formato para presentar los resultados);
- ¿Qué tipo de resultado/información se espera de la evaluación? (esto es, materiales de sensibilización pública como escenarios climáticos y sus impactos potenciales; vulnerabilidades clave como mapas de riesgo o vulnerabilidad; una estrategia de adaptación nacional/sectorial; o una combinación de los anteriores);
- ¿Qué recursos están disponibles para llevar a cabo el estudio (humanos y financieros)?
- ¿Cuánto tiempo hay para llevar a cabo el estudio?

Estas preguntas establecen la base para determinar el tipo de evaluación y, como consecuencia, las herramientas y los requisitos de datos para realizar la evaluación. La disponibilidad o facilidad de acceso a los datos y modelos no deberá definir el tipo de evaluación utilizado, sino que, de lo contrario, un enfoque de evaluación que cumpla con las necesidades de la parte interesada debería informar a la selección de métodos y modelos.

5.5.2 EVALUACIÓN DE SONDEO

Una evaluación de sondeo puede ser cualitativa inicialmente e ir seguida de una evaluación semicuantitativa. El análisis a nivel de sondeo generalmente se realiza sobre los cuatro impactos principales de la subida del nivel del mar en las zonas costeras: inundación, erosión, mareas crecientes y salinización. Los impactos sobre la



socioeconomía de la zona pueden evaluarse utilizando la matriz que se muestra en la **Error! Reference source not found.**, y debería poderse incluir como factor a tener en cuenta cualquier problema importante contemporáneo como la explotación de playas y el desarrollo sobre la costa, como por ejemplo los puertos. Se pueden asignar resultados cualitativos a cada celda en la **Error! Reference source not found.** (como en una escala de 1 a 10) o descripciones simples como impacto alto/medio/bajo.

Tabla 5-6: Matriz de impacto de evaluación de sondeo

Impactos biofísicos	Impactos socioeconómicos							
	Turismo	Asentamientos humanos	Agricultura	Abastecimiento de agua	Pesca	Servicios financieros	Salud humana	Género
Inundación								
Erosión								
Inundaciones								
Salinización								
¿Otros?								

5.5.3 LA REGLA DE BRUUN

La Regla de Bruun es una regla aplicada de forma generalizada para calcular aproximadamente la erosión de zonas costeras de arena como respuesta a la subida del nivel del mar (Bruun, 1962). La regla se basa en el intercambio de sedimentos entre las orillas en relación con la subida del nivel del mar. Bruun establece que dentro de la zona de cierre de la playa (definida en general como el límite de transporte significativo de sedimentos provocado por las olas), la playa se ajustará para mantener su pendiente de equilibrio en relación con el nivel de aguas tranquilas. Esto se consigue traduciendo la pendiente hacia la tierra y hacia arriba, con sedimentos erosionados en el extremo de la costa de la pendiente que se deposita en el extremo de mar adentro de la pendiente manteniendo un balance neto de sedimentos. La traducción del litoral se calcula por geometría (como se muestra en la figura 5-8) y se expresa mediante la siguiente ecuación.

La ecuación general es:

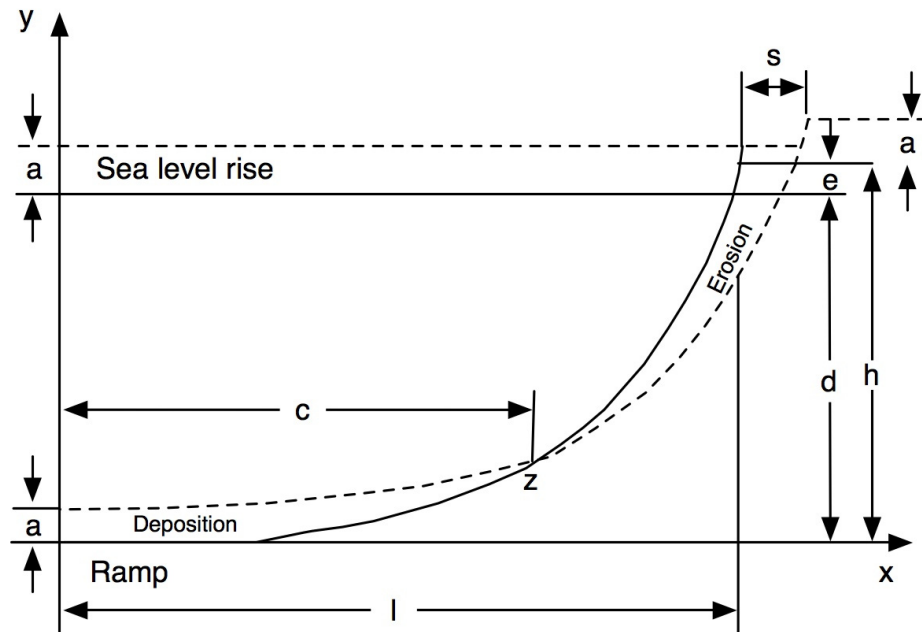
$$s = \frac{l \times h}{a}$$

Donde: s = recesión del litoral (m)
 l = longitud de zona activa (m)
 a = subida del nivel del mar (m)



h = altura de la zona de cierre (m)

Figura 5-8: La regla de Bruun (adaptado a partir de Bruun, 1990)



La regla de Bruun puede utilizarse para proporcionar una regla empírica de la erosión potencial de la costa provocada por la subida del nivel del mar. Como resultado, a menudo se utiliza en evaluaciones de nivel estratégico, en particular a nivel de sondeo. No obstante, hay un debate científico considerable sobre la utilidad de aplicar la regla de Bruun en cualquier escenario costero para predecir cambios futuros en el litoral, incluyendo escenarios de costa abierta para los que se elaboró en un principio. Por ejemplo, Cooper y Pilkey (2004) apuntan que se sabe que varios supuestos de la regla de Bruun son falsos y que no se ha demostrado adecuadamente la regla de Bruun en ningún lugar. Además, el capítulo del litoral del CIE (Nicholls et al., 2007) concluyó que no hay una relación simple entre la subida del nivel del mar y el movimiento horizontal del litoral, y los enfoques de acumulación de sedimentos son útiles en su mayoría para evaluar la respuesta de la playa ante el cambio climático.

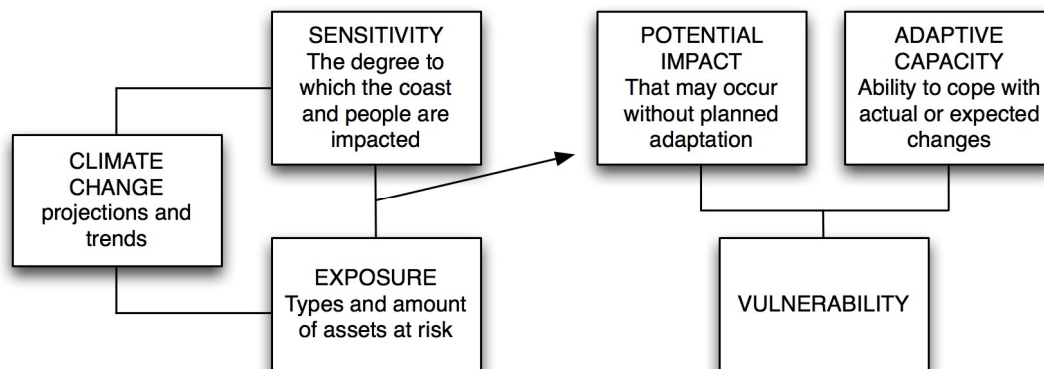
5.5.4 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

El informe de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) *Adaptación ante el cambio climático en la costa: guía para los planificadores del desarrollo (Adapting to Coastal Climate Change: A Guidebook for Development Planners)* (USAID, 2009) destaca los siguientes pasos en la evaluación de la vulnerabilidad de la costa

- Evaluar las proyecciones del cambio climático;
- Evaluar la exposición al cambio climático;
- Evaluar la sensibilidad al cambio climático;
- Evaluar la salud de los habitantes de la costa y los ecosistemas;
- Evaluar la capacidad de adaptación.

Evaluar la vulnerabilidad de zonas costeras a los impactos del cambio climático implica comprender: 1) los pronósticos climáticos para una determinada región o zona; 2) lo que está en riesgo (exposición y sensibilidad al cambio climático); y 3) la capacidad de la sociedad para enfrentarse a los cambios climáticos esperados o reales (capacidad de adaptación). Combinados, estos tres factores definen la vulnerabilidad de las personas en un lugar ante el cambio climático (véase la **Error! Reference source not found.**)

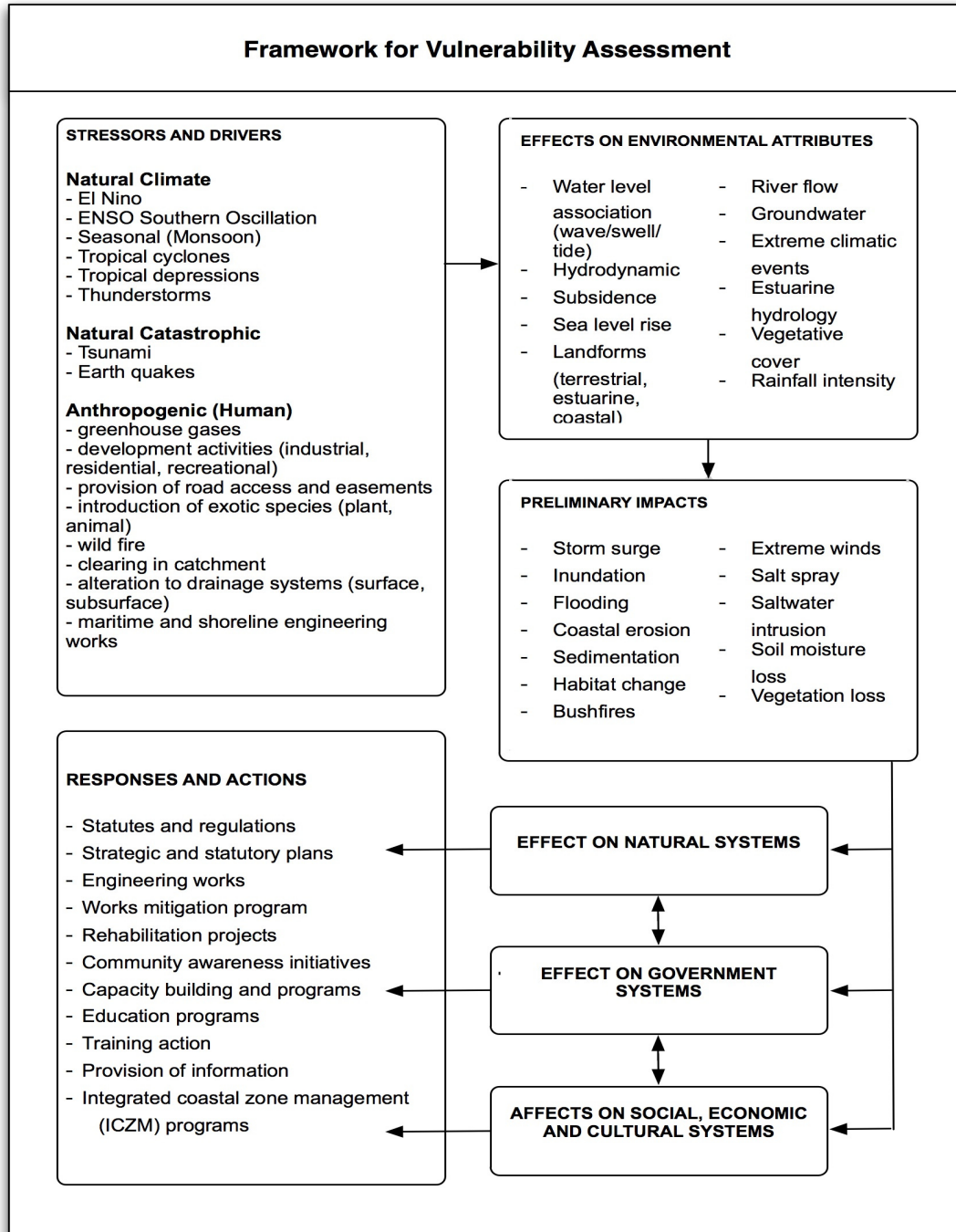
Figura 5 - 9: Marco de evaluación de la vulnerabilidad del litoral de USAID (Fuente: USAID (2009), adaptado a partir de Allison, 2007)



La **Error! Reference source not found.** muestra un ejemplo de marco sobre cómo se puede llevar a la práctica la evaluación de vulnerabilidad. En primer lugar, la evaluación de la vulnerabilidad distingue entre la vulnerabilidad del sistema natural y la vulnerabilidad del sistema socioeconómico ante el cambio climático, aunque estén claramente relacionados y sean interdependientes. En segundo lugar, un análisis de la vulnerabilidad socioeconómica ante la subida del nivel del mar requiere un conocimiento

previo de cómo se verán afectados los sistemas naturales. Por tanto, un análisis de la vulnerabilidad del litoral comienza siempre por el estudio de la respuesta natural del sistema. En último lugar, se reconocen otras tensiones climáticas y no climáticas, indicando que la subida del nivel del mar no se produce de manera independiente de otros procesos y que el sistema costero evolucionará debido a factores distintos de la subida del nivel del mar.

Figura 5-10: Ejemplo de un marco para la evaluación de la vulnerabilidad (Kay et al, 2006)



5.5.5 EVALUACIÓN DE PLANIFICACIÓN

Para una zona en la que se requiere una evaluación más a fondo, el siguiente paso después de la evaluación de vulnerabilidad es una evaluación de planificación. El objetivo es integrar todas las respuestas posibles ante la subida del nivel del mar y otros factores del cambio climático en el litoral para minimizar la vulnerabilidad futura y, a menudo, para ayudar a formular la política futura o un uso de la tierra detallado determinante. Una evaluación de planificación es una investigación de una zona específica. Evaluar los futuros impactos de la subida del nivel del mar sobre el litoral requiere información sobre los procesos principales en la acumulación de sedimentos de la zona en cuestión. La evaluación deberá considerar también otros impactos del cambio climático como el cambio de frecuencia, intensidad y dirección de las tormentas.

El objetivo de una evaluación de la planificación debe ser específico de la zona, centrándose en las cuestiones que son pertinentes para esa zona. Un ejemplo es una evaluación integrada de erosión e inundación realizada en el litoral del Reino Unido (Evans et al., 2004a, 2004b). Está considerando los escenarios socioeconómicos futuros de población, desarrollo y legislación, así como la subida del nivel del mar y los escenarios de cambio climático, la elaboración de modelos de la evolución de las playas y la variación de las opciones de protección de la costa. El objetivo es cuantificar los impactos futuros de la recesión prevista de los acantilados sobre el abastecimiento de sedimentos y, por tanto, el volumen de la playa y el riesgo de inundación en zonas de baja altitud del litoral. El nivel de evaluación es intensivo en tiempo y datos, y a menudo continuo. No obstante, los resultados, aunque sean específicos de un lugar concreto, deberían ser apropiados para influir en las políticas futuras y alimentar planes de gestión más locales.

5.5.6 MODELOS INTEGRADOS DE EVALUACIÓN DE ZONAS COSTERAS

El objetivo del proyecto financiado por la UE DINAS-COAST (Evaluación dinámica e interactiva de la vulnerabilidad nacional, regional y mundial de las zonas costeras ante el cambio climático y a la subida del nivel del mar) era desarrollar una herramienta basada en un CD-ROM que permitiera a sus usuarios producir información cuantitativa sobre una gama de indicadores de vulnerabilidad de la costa, para escenarios climáticos y socioeconómicos seleccionados por el usuario y políticas de adaptación, a escala nacional, regional y mundial, que abarcara todas las naciones costeras. Esta herramienta se llama DIVA – Evaluación dinámica e interactiva de la vulnerabilidad (Vafeidis et al., 2003; McFadden et al., 2007).

La metodología DIVA utilizaba una base de datos de características, tanto físicas como socioeconómicas, basadas en segmentos de la costa, dentro de módulos integrados para evaluar opciones de adaptación bajo escenarios futuros de cambio climático. Los



módulos eran inundaciones, subida relativa del nivel del mar, erosión, cambio en los humedales, evaluación de los humedales y efectos de los ríos. Los resultados generalizados del ejemplo del modelo son cifras de población afectada por inundaciones, pérdida de humedales, costes de adaptación (incluyendo los relativos a la protección de inundaciones y protección de las playas) y la cantidad de terreno perdido en el escenario de subida relativa del nivel del mar especificado.

No obstante, la herramienta DIVA actualmente no está disponible para su descarga debido a una falta de recursos para el mantenimiento y soporte del software. El lanzamiento de nuevas versiones de la herramienta DIVA con una interfaz gráfica para el usuario depende de la disponibilidad de financiación futura.

5.5.7 EVALUACIONES BASADAS EN LOS RIESGOS: UN ENFOQUE COMBINADO

La gestión del riesgo a menudo sigue un procedimiento estandarizado que incluye la identificación, el análisis, la evaluación y el tratamiento de los riesgos considerados (norma ISO 31000). Por otro lado, el concepto de vulnerabilidad propuesto por el IPCC combina la evaluación de la exposición (por ejemplo, proyecciones del cambio climático), la sensibilidad (por ejemplo, crecimiento de la población) y la capacidad de adaptación (por ejemplo, opciones tecnológicas para la defensa de la costa) (IPCC, 2007).

Los enfoques basados en el riesgo para la evaluación de la vulnerabilidad tienen un enfoque explícito orientado a la gestión que evalúa el riesgo para las organizaciones de gestión (que pueden ser gobiernos, comunidades, ONG o el sector privado) debido al cambio climático (véase el capítulo 2).

Es importante destacar que la aplicación de enfoques basados en el riesgo en Australia ha evolucionado hacia una evaluación del riesgo de la costa de múltiples escalas siguiendo en general un enfoque de "escalado de modelo" en el que el escalado (que considera áreas más amplias de evaluación) se facilita mediante la reducción progresiva del número de procesos considerados. Esto es, esencialmente, el mismo enfoque que la secuencia de evaluaciones de sondeo, evaluaciones de vulnerabilidad y evaluaciones detalladas específicas del sitio mencionadas anteriormente.

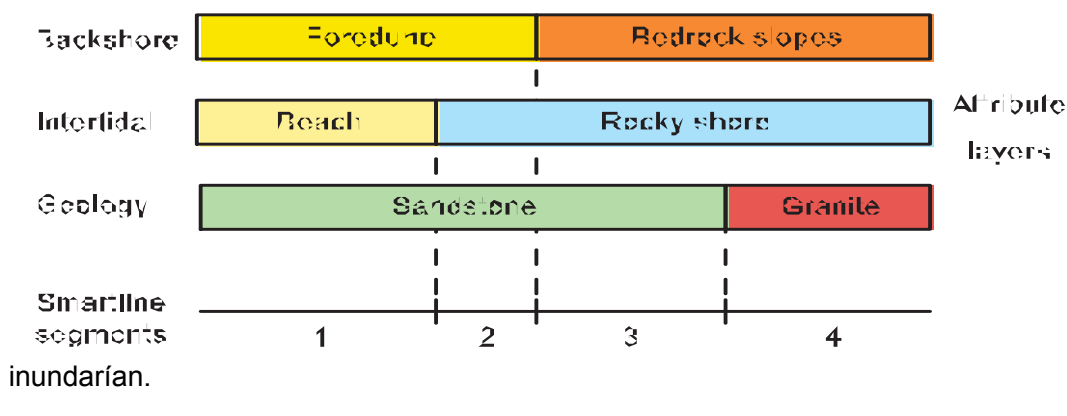
Se puede aplicar a una escala nacional amplia un enfoque de evaluación 'de primer pase' (sondeo) empleando fundamentalmente la regla de Bruun, pero incorporando factores para una topografía de bajo nivel y la presencia de características resistentes a la erosión. Esto puede proporcionar unas estimaciones generales de impactos potenciales.



Cuadro 5-1: Evaluación de la vulnerabilidad utilizando un enfoque de cartografiado

Los conjuntos de datos de geomorfología de la costa se pueden recopilar en un formato de contorno con cada uno de los campos de atributos de las distintas formas de relieve mostrados o analizados, individualmente o como combinaciones específicas de atributos. Un mapa de contorno puede segmentar la costa en todos los puntos en los que cambia cualquiera de los atributos de forma de relieve, como se muestra en la siguiente ilustración.

Debido a la naturaleza esencialmente lineal de las costas, un mapa de contorno es un formato de mapa útil y eficiente para muchos objetivos relacionados con la costa, pero hay algunas aplicaciones para las que se requiere el levantamiento de mapas de polígonos o topográficos. Por ejemplo, mientras que el cartografiado de la geomorfología del litoral podría indicar segmentos costeros potencialmente propensos a las inundaciones, es necesario un mapa de contorno o modelo digital para curvas de nivel (DEM) para cartografiar las zonas reales que probablemente se



El enfoque de múltiples escalas que utiliza una jerarquía de forma de relieve ya está aplicado a la gestión de la costa en Gran Bretaña (Whitehouse et al., 2009). La disponibilidad de la imágenaría aérea detallada, radar óptico (sistema LIDAR) y las bases de conocimiento geomórfico han permitido el desarrollo de enfoques refinados para este tipo de evaluación en varios ejemplos alrededor de Australia (Gozzard, 2010; Eliot et al., 2011).

El beneficio fundamental del enfoque hacia la evaluación del impacto del cambio climático es una mayor coherencia entre modelos a distintas escalas: las unidades de tierra dominantes cuando se consideran en escalas más bajas determinan el tipo de modelo aplicado a cada nivel. Aunque esto no evita la aplicación de modelos inválidos a distintos tipos de formas de relieve (véase la sección **Error! Reference source not found.**), facilita la identificación clara de las zonas en las que el modelo seleccionado tiene una validez reducida. El enfoque de la evaluación de la forma de relieve de

múltiples escalas se utiliza de forma generalizada en estudios hidrológicos y de usos de la tierra (Schoknecht et al., 2004; van Gool et al., 2005).

Aunque se reconoce que las restricciones de datos pueden prohibir la aplicación completa de este tipo de enfoque a la evaluación de la vulnerabilidad de la costa en los países que no figuran en el anexo I sin asistencia técnica adicional, los principios centrales de un enfoque de múltiples escalas son extremadamente útiles para proporcionar una vía para la aplicación a largo plazo en estudios posteriores con vistas a aumentar los conjuntos de datos cuando haya financiación apropiada disponible. Asimismo, el "pensamiento de escala" también proporciona un marco para considerar la aplicación de herramientas específicas de evaluación del impacto descritas en la siguiente sección.

5.6 HERRAMIENTAS

Hay un conjunto de herramientas utilizadas de forma generalizada en los distintos enfoques a la evaluación de la vulnerabilidad y adaptación (VyA) del litoral que incluyen herramientas para: apoyo de decisiones; elaboración de modelos y análisis; recogida, procesamiento y gestión de datos; compromiso y alcance de las partes interesadas; elaboración de modelos conceptuales; visualización; gestión de proyectos; y monitorización y evaluación.

En el Compendio de la CMNUCC se describe un conjunto de herramientas y métodos (15 en total) aplicados en todo el mundo para apoyar la evaluación de vulnerabilidad y adaptación (VyA) de los recursos costeros. Se muestra un análisis breve de una selección de estas herramientas en la **Error! Reference source not found.** Los métodos y herramientas suelen usarse para establecer la condición física actual de la costa, para considerar la variabilidad de cada condición frente a los factores ambientales naturales continuos y para evaluar la respuesta probable.

En la vulnerabilidad y adaptación costera también se ha producido una tendencia creciente hacia la evaluación de las opciones prácticas para la adaptación al cambio climático mediante la aplicación de marcos amplios de vulnerabilidad y adaptación (como se expone en el capítulo 2), complementados con herramientas específicas. Esto mejora la capacidad de incorporar los resultados de las evaluaciones de vulnerabilidad y adaptación de la costa a sistemas existentes del gobierno destinados a gestionar zonas costeras (véase el capítulo 9).

Tabla 5-7: Ventajas y limitaciones de herramientas seleccionadas para la evaluación de vulnerabilidad y adaptación de los recursos costeros (adaptado de la Guía de recursos del CMNUCC; Kay y Travers, 2008)

Método	Ventajas	Limitaciones
Método de planificación de las zonas costeras	Aplicación generalizada en la gestión del litoral en las costas de todo el mundo	Requiere la adaptación a los sistemas administrativos de gestión de la zona costera específica
Índices de vulnerabilidad de la costa (IVC)	En general se calcula fácilmente y se utiliza para una evaluación rápida de la vulnerabilidad	Requiere la adaptación de variables para un uso para cada caso concreto
Análisis dinámico e interactivo de la vulnerabilidad (DIVA)	Proporciona una visión general razonable de los escenarios climáticos y socioeconómicos, así como políticas de adaptación a escala regional y mundial	Proporciona la resolución a escala del curso de impactos potenciales sobre el litoral a escala nacional, algunas, pero pocas, perspectivas sobre la vulnerabilidad de la costa ante el cambio climático (No disponible actualmente para su descarga)
CoastClim y SimClim	Ayuda comercial para la toma de decisiones para las condiciones del cambio climático	Debe adquirirse
Smartline	Levantamiento rápido y rentable de mapas geomórficos de sensibilidad costera, que puede considerarse a múltiples escalas	La adaptación a escala local y específica del sitio requerirá testeos y validación

La evaluación de las técnicas de evaluación está marcada por:

- Una mayor consideración de las incertidumbres implicadas en las proyecciones climáticas y de impacto;
- Una mayor integración de factores de estrés climáticos y no climáticos;
- Un reconocimiento más realista del potencial para las respuestas sociales y las limitaciones ante las mismas;



- Una mayor importancia de la implicación de las partes interesadas; y
- Un cambio decidido de una evaluación de la vulnerabilidad impulsada por la ciencia a una reducción de la vulnerabilidad impulsada por políticas (Abuodah y Woodroffe, 2007).

Muchas de las herramientas dependen enormemente de la disponibilidad de conjuntos de datos de entrada. Aunque es probable que varias de estas herramientas y técnicas puedan adaptarse y actualizarse para su uso por parte de países que no figuran en el anexo I, esto requerirá una investigación más centrada con atención específica a la disponibilidad de los datos y capacidad en el país.

Tabla 5-8: Herramientas clasificadas de acuerdo con su función

Categoría de herramienta	Descripción	Enlaces de ejemplo
Herramientas de procesos	Ayuda a diseñar y realizar un proceso de planificación que incorpora los elementos únicos que abordan las vulnerabilidades, los riesgos y las incertidumbres inherentes en la planificación relacionada con el clima	<p>Hoja de ruta del Centro de Servicios Costeros (CSC) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA): <http://www.csc.noaa.gov/digitalcoast/training/coast_risk.html></p> <p>(Véase también el capítulo 2 para consultar las herramientas de vulnerabilidad y evaluación basadas en la comunidad)</p> <p>Guía de adaptación costera de la Unión Europea/IMCORE (European Union/IMCORE coastal adaptation guidance): <http://www.coastaladaptation.eu/index.php/en/></p> <p>Manual de adaptación del Centro Climático de Georgetown: Subida del nivel del mar y uso de tierras costeras (Georgetown Climate Center Adaptation Tool Kit: Sea Level Rise and Coastal Land Use): <http://www.georgetownclimate.org/sites/default/files/Adaptation_Tool_Kit_SLR.pdf></p>
Herramientas de visualización	Permiten al usuario crear herramientas únicas y simulaciones que permiten la implicación de las partes interesadas mediante el uso de imágenes o herramientas basadas en la web. Las herramientas de este grupo suelen ser fáciles de utilizar, pero pueden incluir herramientas de visualización del sistema de información geográfica (GIS) basadas en la web que requieren software, hardware y conocimientos especiales	<p>CanVis: <http://www.csc.noaa.gov/digitalcoast/tools/canvis/></p> <p>Explorador de subida del nivel del mar: <http://www.globalwarmingart.com/wiki/Special:SeaLevel></p> <p>Google Mashups: <http://clear.uconn.edu/training/maps/mashup.htm> <http://www.google.com/earth/></p>



Herramientas socioeconómicas	Proporcionan datos socioeconómicos a nivel de la comunidad que permiten a los planificadores y partes interesadas visualizar, explorar y comprender los impactos sociales que podrían resultar de amenazas futuras y del cambio climático	SoVi (índice de vulnerabilidad social) (datos únicamente de EE. UU.) < http://webra.cac.sc.edu/hvri/products/sovi.aspx >
Herramientas analíticas	Permiten a los planificadores investigar las condiciones actuales y los procesos del ecosistema, determinar los efectos de las potenciales condiciones futuras y explorar escenarios para determinar efectos potenciales de las decisiones de planificación	Modelo de subida del nivel del mar que afecta a las marismas (visor SLAMM) (solo para emplazamientos de EE. UU.) < http://www.slammview.org >
Herramientas de ENOA	Fundamentos de El Niño y La Niña; ¿Cómo se definen los fenómenos específicos de ENOA?	< http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/background/pastevent.html > < http://www.cdc.noaa.gov/cgi-bin/data/composites/printpage.pl >
Herramientas de tendencia de mareas	Previsiones de mareas	< http://tidesandcurrents.noaa.gov/station_retrieve.shtml?type=Tide+Predictions >

A la hora de elegir una herramienta para utilizarla en una evaluación, deberían considerarse los siguientes factores:

- Asegúrese de que entiende el tiempo, la financiación y los conocimientos necesarios para recoger los datos necesarios para utilizar la herramienta (o las herramientas), poner en funcionamiento la herramienta, e interpretar y comunicar los resultados de la misma. Una de las mejores formas de reunir esta información es hablar con usuarios anteriores de la herramienta y con su desarrollador;
- Deje tiempo suficiente para un proceso iterativo. El uso de la herramienta es más eficiente cuando las partes interesadas pueden explorar una gama de alternativas y hacer mejoras en los escenarios (y posiblemente en las propias herramientas)



según aprenden sobre el proceso, las compensaciones implicadas en cumplir distintos objetivos y los posibles resultados de distintas decisiones;

- Asegúrese de que está utilizando herramientas que proporcionan los tipos de resultados que necesita. Algunas herramientas proporcionan índices generales en vez de resultados cuantitativos, mientras que otras proporcionan resultados altamente cuantitativos que a lo mejor necesitan generalizarse para fines de comunicación y gestión. Además, algunas herramientas puede que no proporcionen resultados en escalas temporales o espaciales apropiadas para las decisiones de gestión que necesita tomar.
- No espere que las herramientas proporcionen todas las respuestas. Las herramientas en general están más orientadas a su uso para la toma de decisiones a nivel estratégico con respecto a impactos del cambio climático que para decisiones tácticas.

5.7 DATOS

La estimación de posibles impactos futuros del cambio climático sobre las zonas costeras debe basarse en una comprensión de la sensibilidad actual y la exposición de las zonas costeras a las amenazas naturales de hoy en día (por ejemplo, tormentas, olas extremas) a través del uso de datos en zonas propensas a la erosión de la costa o inundaciones y datos de observación local sobre condiciones biofísicas.

En la mayoría de los países, los departamentos de medio ambiente, planificación o puertos, o fuentes similares, pueden proporcionar datos necesarios para el análisis. Además, los conjuntos de datos a nivel mundial pueden obtenerse online. Las fuentes clave de datos online se resumen en la **Error! Reference source not found.**

Tabla 5-9: Fuentes de datos para la evaluación de vulnerabilidad y adaptación de la costa

Categoría	Título	Descripción	Enlace
Datos de nivel del mar	Servicio permanente de nivel medio del mar	El Servicio permanente de nivel medio del mar es el banco de datos mundial de información sobre el cambio del nivel del mar a largo plazo a partir de los datos mareográficos y registradores de presión del fondo en todo el mundo	http://www.psmsl.org/ http://ilikai.soest.hawaii.edu/uhsic/data.html/



Datos de nivel del mar	Sistema Mundial de Observación del Nivel del Mar (GLOSS)	El GLOSS proporciona datos de 289 estaciones del nivel del mar en todo el mundo para la supervisión del nivel del mar oceanográfico y del cambio climático a largo plazo	< http://www.gloss-sealevel.org/ >
Datos de topografía telepercibidos	Centro de Archivos Activos Distribuidos de Procesos Terrestres (LP DAAC)	El LP DAAC es un componente del Sistema de observación de la Tierra y Sistema de observación (EOSDIS) de la NASA que procesa, archiva y distribuye datos de terrenos y productos derivados de sensores de observación de la Tierra	< https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/get_data/ >
Datos de topografía telepercibidos	Misión de topografía por radar del Transbordador Espacial	La Misión de topografía por radar del Transbordador Espacial es un proyecto de la NASA diseñado para obtener datos digitales para curvas de nivel a una escala casi mundial para generar una base de datos topográfica digital de alta resolución de la Tierra	< http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/ >
Oceanografía	Centro Nacional de Datos Oceanográficos (NODC) de NOAA	El NODC proporciona datos mundiales y regionales sobre una gama de factores y parámetros oceánicos	< http://www.nodc.noaa.gov/ >
Oceanografía	Centro Mundial de Datos Oceanográficos (GODAC)	Centro de datos online del Organismo de Ciencias y Tecnologías Marinas y Terrestres del Japón (JAMSTEC)	< http://www.godac.jp/top/en/index.html >
Procesos costeros	Manual digital de inundación de la costa	Manual diseñado para orientar a las comunidades a través de un enfoque para que comprendan y aborden problemas relacionados con la inundación de la costa	< http://www.ebmtools.org/?q=digital-coast-coastal-inundation-toolkit.html >
Tormentas	Productos de Climatología de Tormentas del Pacífico (PSCP)	Tormentas del Pacífico (anteriormente PRICIP) se centra en mejorar nuestra comprensión de las pautas y tendencias de la frecuencia e intensidad de las tormentas en la región del Pacífico	< http://www.pacificstormsclimatology.org/ >

Por último, es importante considerar varios factores en el uso de datos en las evaluaciones de vulnerabilidad de la costa:



- Invierta en el proceso de gestión de datos y documentación considerando la gestión de datos y documentación previamente en el diseño y el presupuesto del proyecto. Los datos bien gestionados y documentados son mucho más útiles para un proyecto puesto que pueden ser utilizados por múltiples colaboradores durante un largo período de tiempo;
- Sea consciente de que una contribución pobre en las herramientas o modelos tendrá como consecuencia resultados pobres. No existe un umbral claro de cuándo son demasiado limitados o defectuosos los datos o análisis como para ser válidos, pero los proyectos siempre deberían estar alerta ante esta posibilidad. Se requiere una menor precisión en los datos para las decisiones regionales y/o a largo plazo que para las decisiones locales para necesidades inmediatas o para evaluaciones de impacto específicas de un lugar;
- Tenga en cuenta que aunque los datos y herramientas sean incompletos e imperfectos, las decisiones se tomarán con datos incompletos, independientemente de que se utilicen o no herramientas;
- Sea abierto y sincero sobre las carencias de datos y la incertidumbre de los datos existentes. Identificar y presentar carencias de datos previamente dará credibilidad al proceso y ayudará a enfocar los recursos en la recopilación de los datos necesarios. El proceso de recogida de datos puede ser beneficioso para un proyecto si se utiliza como un momento para construir alianzas y un cuerpo común de información;
- Incorpore el conocimiento humano en el proceso de toma de decisiones. Los expertos en la materia pueden completar lagunas en conjuntos de datos existentes y los usuarios de recursos locales a menudo son una de las mejores fuentes de información sobre el uso y la condición de los recursos actuales e históricos. La recopilación de conocimiento humano debería emplear técnicas rigurosas de recogida de datos de las ciencias sociales;
- Planifique un proceso de adquisición de datos a largo plazo para garantizar un flujo continuo de información actual y precisa.

5.8 ADAPTACIÓN

Teniendo en cuenta que la subida del nivel del mar es probable que se prolongue durante siglos (véase la sección **Error! Reference source not found.**), la necesidad de adaptación en las zonas costeras también se mantendrá durante siglos. Ante esta situación, debe establecerse un "compromiso para la adaptación costera" en las políticas de gestión del litoral a largo plazo. Los sistemas naturales tienen una capacidad de responder de manera autónoma ante las presiones externas como el cambio climático, lo que podría describirse como la capacidad natural de respuesta de los sistemas costeros. Por ejemplo, un humedal saludable y con capacidad respondería almacenando más sedimentos y creciendo verticalmente, manteniendo el ritmo de la subida del nivel del mar. Esto sería un ejemplo de adaptación autónoma. No obstante,



en muchos lugares las actividades humanas como el desarrollo o la contaminación en el litoral han reducido la capacidad natural del sistema para adaptarse. La adaptación planificada ante la subida del nivel del mar debería, por tanto, incluir la consideración de opciones para revertir estas tendencias de 'maladaptación', de tal modo que aumente la resiliencia natural de la costa y la capacidad de adaptación autónoma.

Los sistemas socioeconómicos en las zonas costeras también tienen capacidad para responder de manera autónoma al cambio climático. Los agricultores pueden pasarse a cultivos más tolerantes a la sal y la población puede marcharse de las zonas cada vez más susceptibles de sufrir inundaciones. Esto es probable que vaya adquiriendo más importancia según vaya subiendo el nivel del mar.

Como es probable que los impactos sean importantes, incluso teniendo en cuenta la adaptación autónoma, sigue habiendo necesidad de una adaptación planificada. Algunos ejemplos de iniciativas que han adoptado la adaptación planificada ante el cambio climático son la adopción de regulaciones de control del desarrollo y la planificación física mejoradas y reforzadas, e incluyen las relativas a la ordenación integrada de zonas costeras y la planificación de la ordenación del litoral (véase el cuadro 5 - 2). También podrían incluir la implementación de un proceso de evaluación de impacto ambiental y la gestión de desastres en la costa.

Cuadro 5-2: Planificación de la gestión del litoral para la adaptación

Las directrices más recientes de gestión del litoral empleadas en Inglaterra y Gales se aplican a nivel nacional (Defra, 2004) y pueden adaptarse para su uso en cualquier otro lugar. Se trata de un conjunto de estrategias proactivas para la gestión del litoral que se implementarán dentro de los planes de gestión del litoral. La costa está dividida en varias celdas y subceldas costeras que, a su vez, se dividen en unidades de gestión que reflejan el uso de la tierra. Para cada unidad de gestión, se seleccionan respuestas estratégicas como proteger (designada con el término de "mantener la línea"), para zonas desarrolladas, o permitir que se produzcan procesos naturales (término de "no intervenir"), donde los impactos humanos podrían ser menores. Aunque estos enfoques no se han aplicado en países en desarrollo, se espera que en las próximas décadas se desarrollen de manera generalizada planes estratégicos de gestión del litoral.

La adaptación planificada y, por tanto, proactiva se destina a reducir la vulnerabilidad del sistema, ya sea minimizando el riesgo o maximizando la capacidad de adaptación. Se pueden identificar cinco objetivos genéricos de adaptación proactiva relevantes para las zonas costeras:

1. Una robustez cada vez mayor de los diseños de infraestructuras e inversiones a largo plazo. Las infraestructuras se diseñarían para resistir ante fenómenos extremos cada vez más intensos y frecuentes;
2. Una mayor flexibilidad de sistemas vulnerables gestionados. Los sistemas se diseñarían y funcionarían de tal modo que pudieran hacer frente a una amplia variedad de condiciones climáticas. La flexibilidad puede incluir la mejora de la resiliencia de un sistema, es decir, su capacidad de recuperarse ante fenómenos extremos;
3. Mejora de la adaptabilidad de sistemas naturales vulnerables. Los sistemas naturales pueden hacerse más adaptables si se reducen las tensiones a las que están sometidos actualmente tales como la degradación del hábitat, y si se les permite adaptarse a través de medios como la retirada de barreras para la migración (por ejemplo, retirar las estructuras duras de la costa que pueden bloquear la migración tierra adentro de los humedales);
4. Revertir las tendencias de maladaptación. Muchas tendencias actuales pueden aumentar la vulnerabilidad frente al cambio climático. Por ejemplo, subvencionar el desarrollo en llanuras inundables puede aumentar el número de personas y la cantidad de propiedades en zonas costeras de baja altitud vulnerables ante la subida del nivel del mar y el aumento de las tormentas costeras;
5. Una mejora de la sensibilización de la sociedad, la preparación y las alertas. La educación sobre los riesgos del cambio climático y la manera de reducirlos o de responder ante ellos puede ayudar a reducir la vulnerabilidad.

Para las zonas costeras, suele utilizarse con frecuencia otra clasificación de tres estrategias básicas de adaptación (e.g. IPCC, 1992):

1. Proteger: reducir el riesgo de un fenómeno mediante la reducción de la probabilidad de que se produzca;
2. Acomodar: aumentar la capacidad de la sociedad de enfrentarse a los efectos del fenómeno;
3. Retirar: reducir el riesgo del fenómeno mediante la limitación de sus efectos potenciales.

Cada una de estas estrategias está diseñada para proteger el uso humano de la zona costera y, si se aplican de manera apropiada, cada una de ellas tiene consecuencias diferentes para los ecosistemas costeros. Retirar implica devolver tierra al mar mediante la retirada estratégica de esta o la prevención de futuros desarrollos significativos en zonas costeras que puedan verse afectadas por la futura subida del nivel del mar.

La adaptación implica el uso modificado de la tierra, incluyendo respuestas de adaptación, como la elevación de edificios por encima de los niveles de inundación y la modificación de sistemas de drenaje. La retirada y adaptación ayudan a mantener la



naturaleza dinámica del litoral y permiten a los ecosistemas costeros migrar tierra adentro sin obstáculos y, por tanto, adaptarse de manera natural. De lo contrario, la protección puede conducir a menudo a una "compresión de la costa" y una pérdida de habitantes, aunque esto se puede minimizar si se emplean enfoques blandos de defensa, tales como el sustento de la playa. Esta estrategia implica defender zonas de la costa mediante la construcción o el mantenimiento de estructuras defensivas o mediante el mantenimiento artificial de playas y dunas. Se utiliza en general para proteger los asentamientos y las tierras agrícolas productivas, pero a menudo implica la pérdida de las funciones naturales de la costa. La retirada y la adaptación se aplican mejor de manera proactiva, mientras que la protección puede ser reactiva o proactiva.

Las opciones para la adaptación a la intrusión de agua salada en las aguas subterráneas no están incluidas explícitamente en las tres opciones genéricas de retirada, adaptación y protección. No obstante, existen varias opciones:

- Recuperar tierra frente a la costa para permitir que se desarrollen nuevas lentes de agua dulce;
- Extraer aguas subterráneas salinas para reducir la entrada e infiltración;
- Infiltrar agua dulce superficial;
- Inundar zonas de baja altitud;
- Ampliar las zonas existentes de dunas en las que se produce la recarga natural de las aguas subterráneas;
- Crear barreras físicas.

Cuadro 5-3: Cartografía de zonas propensas a inundaciones en la zona costera de Mauricio bajo el Programa de adaptación de África

La República de Mauricio abarca Mauricio continental, pequeñas islas como Rodrigues, San Brandón o Agalega, y otras islas exteriores. Mauricio continental es una pequeña isla tropical en el océano Índico ubicada a una latitud de 20° Sur y una longitud de 57° Este. Tiene una superficie total de tierra de 2040 km², con una zona costera rodeada en su mayor parte por arrecifes de ribera que rodean una superficie de laguna de 243 km². La topografía de la costa comprende la mayoría de las zonas de baja altitud, llanuras planas al norte y acantilados menores en la parte occidental y austral de la isla, donde no hay arrecifes de coral. En 2010, la población de la República de Mauricio se estimaba que ascendía a 1,3 millones de habitantes.

Los impactos de la variabilidad climática y los fenómenos meteorológicos extremos, *entre otros*, la subida del nivel del mar, las lluvias torrenciales que provocan inundaciones repentinas, desprendimientos de tierras y acumulación de agua en zonas de baja altitud se están convirtiendo en una preocupación nacional importante. Esta situación se acentúa por la subida acelerada del nivel del mar, que es probable que provoque inundaciones costeras graves y erosión.

Como parte del Programa de adaptación de África (AAP) financiado por el Gobierno del Japón en virtud de su Programa de alianzas para África contra el calentamiento de la Tierra, la República de Mauricio contratará próximamente los servicios de una empresa consultora apropiada para que cartografíe las zonas propensas a sufrir inundaciones en la zona costera utilizando GIS.

La empresa consultora que trabaje en el proyecto deberá utilizar imágenes por satélite de alta resolución o LIDAR, para generar líneas de contorno desde un intervalo de 0,5 m hasta 10 m por encima del nivel medio del mar para identificar las zonas propensas a sufrir inundaciones. El proyecto también comprenderá un inventario de las exposiciones multisectoriales al impacto de la subida del nivel del mar. Los datos socioeconómicos y de infraestructuras recogidos se incluirán en la base de datos del GIS.

Los resultados de los datos del GIS del proyecto se integrarán/superpondrán con otros datos nacionales existentes del GIS para identificar y evaluar la exposición de los riesgos para la población, pérdidas en la propiedad, instalaciones críticas, infraestructuras y actividades económicas, así como las pérdidas potenciales (humanas, económicas y financieras) relacionadas con la subida del nivel del mar. El resultado del proyecto de gestión del riesgo de desastres se integrará con el tiempo en la planificación urbana y el desarrollo de la República de Mauricio.

Cuadro 5-4: Previsiones de nivel del mar estacionales basadas en ENOA para las Islas del Pacífico asociadas a los Estados Unidos

El Centro Climático de Aplicaciones de ENOA del Pacífico (PEAC) desarrolló un modelo estadístico operativo de análisis de correlación canónica (CCA) para las previsiones del nivel del mar en las Islas del Pacífico asociadas a los Estados Unidos (USAPI) con plazos de varios meses o más. El ciclo climático de ENOA y las temperaturas de la superficie del mar en el océano Pacífico tropical se tomaron como factores primarios para modular la variabilidad del nivel del mar en las escalas de tiempo estacionales. Basándose en este modelo de análisis de correlación canónica, las previsiones en tiempo real para las variaciones estacionales del nivel del mar (esto es, anomalías con respecto a la climatología) se publican en el sitio web oficial del PEAC (<http://lumahai.soest.hawaii.edu/Enso/peu/update.html>) para presentar opciones de planificación y decisión en relación con la gestión de las amenazas en la región de USAPI. La mejora de la predicción actual y las capacidades de alerta con información del nivel del mar estacional y previsiones ofrece el potencial de estrategias de mejor adaptación en relación con la gestión de las amenazas en USAPI. (Véase también Chowdhury et al., 2007b.)

5.8.1 PLANIFICACIÓN

Al seleccionar medidas de adaptación, es importante reconocer las diferencias entre los países. Los distintos contextos de los países pilotan la necesidad de personalizar las medidas de adaptación a las condiciones locales. Las medidas de adaptación deben adecuarse a las realidades de tiempo, financiación, personal y capacidad institucional. La capacidad para responder a los problemas del cambio climático aumentará con el tiempo, la experiencia y el refuerzo positivo que llega con el éxito. Los éxitos tempranos de adaptación pueden comenzar con el establecimiento de contratiempos y zonas de protección, por ejemplo en zonas subdesarrolladas o zonas propuestas para un desarrollo futuro que están expuestas a inundaciones y erosión. Otras medidas de adaptación más complejas podrían incluir las que impliquen el desarrollo y mantenimiento de infraestructuras.

La densidad de población e infraestructuras es otra consideración clave para seleccionar medidas. Por ejemplo, en zonas desarrolladas que se enfrentan a aumentos potenciales de la erosión, subida del nivel del mar o inundaciones, la opción de adaptación preferible sería la protección estructural de la orilla (para estabilizar la línea de la costa) en vez de la retirada. En zonas subdesarrolladas, lo más probable sería lo contrario, es decir, que sería preferible una estrategia de retirada. Por retirada se entiende una serie de medidas que retirarían a la población y el desarrollo mediante su "retirada" tierra adentro (es decir, lejos del riesgo potencial).



Los gestores costeros, partes interesadas y responsables de la toma de decisiones pueden utilizar una gama de criterios para decidir la mejor opción de adaptación dentro de un contexto local determinado. Los criterios incluyen:

- Eficiencia técnica: ¿Cómo será de eficiente la opción de adaptación para la resolución de problemas ocasionados por el cambio climático (es decir, serían algunas medidas más beneficiosas que otras)?
- Costes: ¿Cuál es el coste de implementar la opción de adaptación y cuáles son los beneficios? ¿Hay un enfoque que sea al mismo tiempo más barato y más eficiente? Es la medida "útil en todo caso", es decir, merecería la pena independientemente del cambio climático (por ejemplo, proteger o restaurar ecosistemas que ya son vulnerables o de preocupación urgente por otros motivos)?
- Beneficios: ¿Cuáles son los beneficios directos relacionados con el cambio climático? ¿Evita la toma de medidas los daños a las personas, la salud, la propiedad o los medios de subsistencia? ¿Reduce en cambio las primas de seguro? ¿Existe alguna ventaja de la reducción de gases de efecto invernadero que pudiera valorarse de acuerdo con el precio de mercado de los derechos de emisión? Otros beneficios incluyen un aumento de bienes y servicios del ecosistema y contribuciones positivas a las cadenas económicas de valor.
- Consideraciones de implementación: ¿Cómo es de fácil diseñar e implementar la opción en términos del nivel de conocimientos requerido, información necesitada, escala de implementación y otros obstáculos?

La mayoría de las medidas de adaptación pueden ayudar a conseguir múltiples objetivos y beneficios. Las medidas "útiles en todo caso" deberían ser la prioridad. Por ejemplo, las estrategias de protección de los humedales y la línea de costa viva serían beneficiosas incluso en ausencia del cambio climático. Las líneas de costa vivas protegen de la erosión y al mismo tiempo pueden mejorar los hábitats vegetativos del litoral, hoy en día y en el futuro, con la migración de los humedales tierra adentro. Esto, en cambio, puede beneficiar las formas de subsistencia dependientes de los recursos naturales y aumentar la resiliencia de la comunidad. Si se compara esta opción con la de construir un rompeolas –una estrategia que también podría proteger de la erosión en una zona específica, pero al mismo tiempo provocar problemas en un futuro (por ejemplo, que se erosione la línea de costa adyacente o que se impida la migración de los humedales) y aportar pocos beneficios a la comunidad en general y al ecosistema natural. Las medidas que proporcionan pocos beneficios aparte de la protección requieren un alto nivel de certeza sobre el impacto del cambio climático en un lugar en particular.

Cada sector tiene retos para la implementación y estrategias para la adaptación. La siguiente lista procede de la guía de USAID para los planificadores del desarrollo litoral (USAID, 2009) y, aunque se ha desarrollado específicamente para el sector costero, es aplicable en todos los sectores:



- Garantizar una capacidad adecuada de gobernanza;
- Reforzar los marcos legales;
- Reforzar las capacidades personales;
- Destacar los costes de "no intervenir";
- Desarrollar una financiación sostenible;
- Planificar las externalidades;

- Mantener un fundamento científico para las políticas;
- Mantener un proceso participativo e inclusivo;
- Seleccionar medidas efectivas y técnicamente apropiadas.

5.8.2 INTEGRACIÓN

A la hora de evaluar el impacto del cambio climático del sector costero, es importante tener en cuenta cómo pueden contribuir también los cambios en otros sectores sobre los impactos en el sector costero. Por ejemplo, el estrés hídrico (pocas lluvias) podría tener un impacto sobre el sector costero y desestabilizar las barreras costeras naturales como las dunas o los manglares.

Aunque el impacto y la planificación de la adaptación se debaten al nivel específico de cada sector, es importante tener en cuenta las relaciones entre los sectores y la manera en que estas pueden influir en la priorización general de los riesgos y en la planificación de la adaptación. Una evaluación intersectorial de este tipo se conoce como "integración". El objetivo de la integración es comprender las interrelaciones entre los riesgos específicos de cada sector para establecer prioridades de impacto y adaptación. Esto puede ser importante para que los responsables de formular políticas y otros actores clave comprendan cómo un sector, una comunidad, una región o una nación podrían verse afectados en total por el cambio climático y cuál puede ser el impacto económico total. También puede ser importante saber cómo comparar diferentes sectores, regiones o poblaciones en términos de vulnerabilidad relativa para ayudar a establecer prioridades para la adaptación.

El capítulo 9 de estos materiales de formación proporciona más información sobre la integración de la evaluación del impacto y los resultados de adaptación.

5.8.3 INCORPORACIÓN

La incorporación se define como el proceso de incorporar los problemas climáticos y las respuestas de adaptación en las correspondientes políticas, planes, programas y proyectos a escala nacional, sub-nacional y local (USAID, 2009). Las medidas de adaptación no se suelen aplicar únicamente como respuesta al cambio climático, sino que a menudo consiguen otros beneficios de desarrollo. A la hora de elaborar comunicaciones nacionales, es importante tener en cuenta cómo se van a incorporar los resultados en el país para que se produzca un cambio significativo.

En el sector costero, un ejemplo de incorporación podría ser incorporar escenarios de cambio climático en planes costeros y políticas de contratiempo.

El marco de incorporación del PNUD destaca tres componentes para la incorporación efectiva del cambio climático:



- Encontrar los puntos de entrada y exponer las razones;
- Incorporar la adaptación en los procesos de formulación de políticas;
- Afrontar el reto de la implementación.

En el capítulo 9 de este recurso se proporciona más información acerca de la incorporación.

5.8.4 SUPERVISIÓN Y EVALUACIÓN

Una cuestión clave a la hora de aplicar opciones de adaptación es la forma de controlar y evaluar la eficiencia de la adaptación. Afortunadamente, una serie de organizaciones, incluido el PNUD y el Banco Mundial, están trabajando para desarrollar enfoques prácticos de control y evaluación de la adaptación al cambio climático aplicando "marcos basados en resultados" integrados en el contexto más amplio de la efectividad de la ayuda.

Algunos problemas que deben considerarse en el diseño del control y la evaluación de la adaptación incluyen (Kay et al., en preparación):

- Orientación a los resultados: ¿qué se quiere conseguir exactamente con la acción de adaptación?
- Contexto de decisión: ¿por qué se eligió esa acción de adaptación, tal vez para centrarse en prioridades inmediatas de salud para reducir la vulnerabilidad o efectos del cambio climático más a largo plazo? y ¿cuáles son las barreras, limitaciones y oportunidades que influyen en el éxito de su aplicación?
- Consideraciones espaciales: ¿a qué escala tendrá impacto la acción de adaptación?
- Consideraciones temporales: ¿cuándo se conocerá el impacto de una acción de adaptación?

Estas son consideraciones importantes que también pueden ayudar en la planificación general de acciones de adaptación en relación con las zonas costeras, así como proporcionar un foco para asegurar que las acciones específicas elegidas durante el proceso de planificación son las más efectivas.

Existen cuatro pasos clave en el control y la evaluación para el propósito específico de informar sobre la aplicación de las prioridades de adaptación identificadas en las comunicaciones nacionales:

- Establecer un marco de control y evaluación;
- Desarrollar un plan de evaluación;
- Llevar a cabo la evaluación;



- Comunicar los resultados.

En el capítulo 9 se proporcionan más directrices para el control y la evaluación de la adaptación.

5.9 BIBLIOGRAFÍA

- Abuodha PA y Woodroffe CD. 2007. *International Assessments of the Coastal Zone to Climate Change, Including an Australian Perspective*. Oficina Australiana sobre el Efecto Invernadero (AGO), Departamento de Medio Ambiente y Patrimonio.
- Allison E. 2007. *Fisheries and Aquaculture Can Provide Solution to Cope with Climate Change*, Issues Brief 1707, WorldFish Center: Malasia. Disponible en <<http://www.iclarm.org/v2/files/CC-ThreatToFisheries1701.pdf>>.
- AGO (Oficina Australiana sobre el Efecto Invernadero). 2007. *Climate Change Impacts and Risk Management. A Guide for Business and Government*. AGO, Departamento de Medio Ambiente y Recursos Hídricos.
- Bjerknes J. 1966. A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. *Tellus*, 18: 820–829.
- Bruun P. 1962. Sea level rise as a cause of shore erosion. *Journal Waterways and Harbours Division*. 88(1–3): 117–130.
- Bruun P. 1990. *Port Engineering Volume 2*. Houston, Texas: Gulf Publishing Company.
- Buddemeier RW, Smith SV, Swaaney DP y Crossland CJ. 2002. The Role of the Coastal Ocean in the Disturbed and Undisturbed Nutrient and Carbon Cycles. *LOICZ Reports and Studies Series No. 24*. 84 págs.
- Chapman DM, Geary M, Roy PS y Thom BG. 1982. *Coastal Evolution and Coastal Erosion in New South Wales*. A report prepared for the Coastal Council of New South Wales. Government Printer, Nueva Gales del Sur.
- Chu P-S. 1995. Hawaii rainfall anomalies and El Nino. *J. Climate*, 8: 1697–1703.
- Chowdhury MR, Chu P-S y Schroeder T. 2007a. ENSO and seasonal sea-level variability – A diagnostic discussion for the U.S-Affiliated Pacific Islands. *Theor. Appl. Climatol.* 88: 213–224.



- Chowdhury MR, Chu P-S, Schroeder T, y Colasacco N. 2007b. Seasonal sea-level forecasts by Canonical Correlation Analysis – An operational scheme for the U.S-Affiliated Pacific Islands (USAPI). *Int. J. Climatol.* 27: 1389–1402.
- Church, JA, White NJ, Aarup T, Wilson WS, Woodworth PL, Domingues CM, Hunter JR, y Lambeck K. 2008. Understanding global sea levels: past, present and future. *Sustainability Science.* 3: 9–22.
- Church JA, Woodworth PL, Aarup T, y Wilson WS. 2010. *Understanding Sea-level Rise and Variability.* Oxford: Wiley-Blackwell.
- Clarke, A., (2008): An Introduction to the Dynamics of El Niño & the Southern Oscillation. *Academic Press.* 324 págs.
- Cooper JAG y Pilkey OH. 2004. Sea-level rise and shoreline retreat: time to abandon the Bruun Rule. *Global Planetary Change.* 43: 157–171.
- Defra (Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales). 2004. *Making Space for Water: Developing a New Government Strategy for Flood and Coastal Erosion Risk Management in England: A Consultation Exercise.* Londres: Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales. 154 págs.
- Eliot I, Nutt C, Gozzard B, Higgins M, Buckley E y Bowyer J. 2011. *Coastal Compartments of Western Australia: A Physical Framework for Marine and Coastal Planning.* Report to the Departments of Environment & Conservation, Planning and Transport.
- Evans EP, Ashley RM, Hall J, Penning-Rowsell E, Saul A, Sayers P, Thorne C y Watkinson A. 2004a. *Foresight; Future Flooding. Scientific Summary. Volume I: Future risks and their drivers.* Londres: Oficina de Ciencia y Tecnología.
- Evans EP, Ashley RM, Hall J, Penning-Rowsell E, Saul A, Sayers P, Thorne C y Watkinson A. 2004b. *Foresight; Future Flooding. Scientific Summary. Volume II: Managing future risks.* Londres: Oficina de Ciencia y Tecnología.
- Gozzard JR. 2010. *WACoast – a New Information Resource about the Western Australian Coastline.* Documento presentado en City to Cape – seminario sobre la subida del nivel del mar de 2100, celebrado por la Academia de Ciencias Tecnológicas e Ingeniería, Ingenieros de Australia y el Instituto de Desarrollo Sostenible de Australia, en la Universidad Curtin de Tecnología.
- Hoozemans FMJ, Marchand M y Pennekamp HA. 1993. *Sea Level Rise: A Global Vulnerability Assessment — Vulnerability Assessments for Population, Coastal Wetlands and Rice Production on a Global Scale.* Segunda edición revisada. Delft y La Haya, Países Bajos: Delft Hydraulics and Rijkswaterstaat. xxiii+184 págs.

- Hunter J. 2010. Estimating sea-level extremes under conditions of uncertain sea-level rise. *Climatic Change*. 99: 331–350.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) 1992. *Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Impacts Assessment*. JT Houghton, BA Callander y SK Varney (eds.). Cambridge y Nueva York: Cambridge University Press.
- IPCC. 2007. *Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo II Grupo "Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad" del IPCC* <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm>>.
- IPCC. 2012. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Un Informe Especial de los Grupos de Trabajo I y II del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. CB Field, V Barros, TF Stocker, D Qin, DJ Dokken, KL Ebi, MD Mastrandrea, KJ Mach, G-K Plattner, SK Allen, M Tignor y PM Midgley (eds.). Cambridge y Nueva York: Cambridge University Press. 582 págs. Disponible en <http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX-All_FINAL.pdf>.
- Jones R, Stafford-Smith M, Church J, McInnes K, Symonds G, Abbs D, Wang X, Gorddard R, McAllister R y Tilbrook B. 2009. *Climatic Change in the Coastal Zone*. Informe técnico preparado para el Departamento Australiano de Cambio Climático.
- Kay RC y Alder J. 2005. *Coastal Planning and Management*. Londres y Nueva York: Taylor y Francis.
- Kay R y Travers A. 2008. Assessment of Coastal Vulnerability Tools, in assistance of the UNFCCC Compendium redrafting. (Drawing on Abuodha PA and Woodroffe CD. 2006.) *International Assessments of the Vulnerability of the Coastal Zone to Climate Change*, including an Australian perspective. Presentación del informe a la Oficina Australiana sobre el Efecto Invernadero como respuesta a RFQ 116/2005DEH. Coastal Zone Management White Paper. Disponible en <<http://www.coastalmanagement.com>>.
- Key RC, Crossland CJ, Gardner S, Waterman P y Woodroffe CD. 2006. *The Australian Coast: Assessing and Communicating Vulnerability to Climate Change*. Documento de antecedentes para la Oficina Australiana sobre el Efecto Invernadero, Canberra, Australia.
- Kay RC, Haines A, Rosenzweig C, Steffen W y Thom B. En preparación. Próxima publicación. Perspectives on Adaptation Effectiveness. *En*: J Palutokof, M Parry y S Boulter (eds.). *Climate Adaptation Futures*.

- Knutson TR, McBride JL, Chan J, Emanuel K, Holland G, Landsea C, Held I, Kossin JP, Srivastava AK y Sugi M. 2010. Tropical cyclones and climate change. *Nature Geoscience*. 3: 157–163.
- Lamhauge N, Lanzi E y Shardul A. 2011. *Monitoring and Evaluation for Adaptation: Lessons from Development Co-operation Agencies*. París: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).
- Lau, K. M. .1985: Elements of a stochastic dynamical theory of the long-term variability of the El Niño–Southern Oscillation. *J. Atmospheric Science* 42: 1552–1558.
- Lu X. 2006. *Guidance on the Development of Regional Climate Scenarios for Application in Climate Change Vulnerability and Adaptation Assessments, within the Framework of National Communications from Parties not Included in Annex I to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Nueva York: Programa de Apoyo a las Comunicaciones Nacionales, PNUD/PNUMA/FMAM. 42 págs.
- McFadden L, Nicholls RJ, Tol RSJ y Vafeidis AT. 2007. A methodology for modelling coastal space for global assessments. *Journal of Coastal Research*. 23(4): 911–920.
- NCCOE (Comité Nacional sobre Ingeniería Oceánica y de Costas). 2004. *Guidelines for Responding to the Effects of Climate Change in Coastal and Ocean Engineering*. Canberra: El Comité Nacional sobre Ingeniería Oceánica y de Costas. Ingenieros de Australia.
- Nicholls RJ. 2010. Impacts of and Responses to Sea-Level Rise. *En: Understanding Sea-level Rise and Variability*. Oxford: Wiley-Blackwell. págs. 17–43.
- Nicholls RJ, Wong PP, Burkett VR, Codignotto JO, Hay JE, McLean RF, Ragoonaden S y Woodroffe CD. 2007. Coastal systems and low-lying areas. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. ML Parry, OF Canziani, JP Palutikof, PJ van der Linden y CE Hanson (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. págs. 315–356.
- Rahmstorf R. 2010. A new view on sea level rise. *Nature*. 4: 44–45.
- Ropelewski CF y Halpert MS. 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño–Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.* 115: 1606–1626.
- Schoknecht N, Tille PJ and Purdie B. 2004. *Soil-landscape Mapping in South Western Australia – Overview of Methodology and Outputs*. Technical Report 280. Departamento de Gestión de los Recursos Agrícolas.

- Searle DJ y Semeniuk V. 1986. Detailed documentation of a Holocene sea-level record in the Perth region, southern Western Australia. *Quaternary Research*. 26: 299–308.
- Short A and Woodroffe C. 2009. *The Coast of Australia*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Smit B, Pilifosova O, Burton I, Challenger B, Huq S, Klein RJT y Yohe G. 2001. Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribución del Grupo de Trabajo II al Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. JJ McCarthy, O Canziani, NA Leary, DJ Dokken y KS White, (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. págs. 877–912.
- Tribbia J y Moser SC. 2008. More than information: what coastal managers need to plan for climate change. *Environmental Science & Policy*. 11: 315–328.
- USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional). 2009. Adapting to Coastal Climate Change: A Guidebook for Development Planners. Disponible en <<http://www.crc.uri.edu/download/CoastalAdaptationGuide.pdf>>.
- Vafeidis A, Nicholls RJ, y McFadden L. 2003. Developing a database for global vulnerability analysis of coastal zones: The DINAS-COAST project and the DIVA tool. *En: Proceedings of EARSL 2003*. Gante, Bélgica, junio de 2003.
- van Gool D, Tille PJ y Moore G. 2005. *Land Evaluation Standards for Land Resource Mapping – Assessing Land Qualities and Determining Land Capability in South-Western Western Australia*. Technical Report 298. Departamento de Gestión de los Recursos Agrícolas.
- WCC'93, 1993: *World Coast 2000: Preparing to Meet the Coastal Challenges of the 21st Century. Declaración de la Conferencia Mundial sobre Costas*, Noordwijk, del 1 al 5 de noviembre de 1993.
- WCC'93, 1994: *Preparing to Meet the Coastal Challenges of the 21st Century. Informe de la Conferencia Mundial sobre Costas*, Noordwijk, del 1 al 5 de noviembre de 1993, Ministerio de Transporte, Obras Públicas y Gestión de las Aguas, La Haya, Países Bajos.
- Whitehouse R, Balson P, Beech N, Brampton A, Blott S, Burningham H, Cooper N, French J, Guthrie G, Hanson S, Nicholls R, Pearson S, Pye K, Rossington K, Sutherland J y Walkden M. 2009. *Characterisation and Prediction of Large-scale Long-term Change of Coastal Geomorphological Behaviour: Final Science report*. Joint Environment Agency/Defra Flood and Coastal Erosion Risk Management Research and Development Programme. Science Report SC060074/SR1. Bristol: Agencia de Medio Ambiente.



5.10 LECTURAS ADICIONALES

Nellemann C, Hain S and Alder J. 2008. *In Dead Water: Merging of Climate Change with Pollution, Over-harvest and Infestations in the World's Fishing Grounds*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Disponible en <http://www.unep.org/pdf/InDeadWater_LR.pdf>.

Schroeder TA, Chowdhury MR, Lander MA, Guard C, Felkley C, y Gifford D 2012. The role of the Pacific ENSO Applications Climate Center in reducing vulnerability to climate hazards: Experience from the U.S.-Affiliated Pacific Islands. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 93: 1003–1015. Disponible en <<http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/BAMS-D-11-00109.1>>.

SPREP (Programa Regional del Pacífico Sur para el Medio Ambiente). 2006. *CV&A: A Guide to Community Vulnerability and Adaptation Assessment and Action*. Programa Regional del Pacífico Sur para el Medio Ambiente. Disponible en

<[http://www.pacificrisa.org/cms/images/Nakalevu%202006%20CVA%20A%20Guide%20to%20community%20vulnerability%20and%20adpatation%20assessment%20and%20action%20\(3\).pdf](http://www.pacificrisa.org/cms/images/Nakalevu%202006%20CVA%20A%20Guide%20to%20community%20vulnerability%20and%20adpatation%20assessment%20and%20action%20(3).pdf)>.

Tompkins EL S. A. Nicholson-Cole, L. Hurlston, E. Boyd, G. Brooks Hodge, J Clarke, G. Gray, N. Trotz, y L. Varlack. 2005. *Surviving Climate Change in Small Islands: A Guidebook*. Norwich, Reino Unido: Centro de Tyndall para la Investigación sobre el Cambio Climático. Disponible en <<http://www.tyndall.ac.uk/publications/surviving.pdf>>.

USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional). 2009. *Adapting to Coastal Climate Change: A Guidebook for Development Planners*.

USAID. 2008. *Adapting to Climate Variability and Change: A Guidance Manual for Development Planning*. Disponible en

<http://www.usaid.gov/our_work/environment/climate/docs/reports/cc_vamanual.pdf>.

USAID. 2007. *How Resilient is your Coastal Community? A Guide for Evaluating Coastal Community Resilience to Tsunamis and other Hazards*. Bangkok, Tailandia: U.S. Indian Ocean Tsunami Warning System Program. Disponible en <http://www.crc.uri.edu/download/CCRGuide_lowres.pdf>.

Organización de Mujeres de Desarrollo y Medio Ambiente (WEDO) y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). 2007. *Gender Equality and Adaptation*. Fact Sheet. Disponible en <<http://www.genderandenvironment.org/admin/admin/biblioteca/documentos/Factsheet%20Adaptation.pdf>>.



Sitios web: Herramientas de decisión basadas en el ordenador

Adaptation Wizard: Análisis y toma de decisiones basada en el riesgo, Programa de Impactos Climáticos del Reino Unido. Disponible en <www.ukcip.org.uk>.

Evaluación y Diseño para la Adaptación al Cambio Climático (ADAPT): Una herramienta para explorar el riesgo climático. Banco Mundial. Disponible en <<http://go.worldbank.org/AWJKT60300>>.

Herramienta de sondeo del riesgo basado en la comunidad – Adaptación y medios de subsistencia (CRISTAL), Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible. Disponible en <www.iisd.org/security/es/resilience/climate_phase2.asp>.

Cartografiado y elaboración de modelos que proporcionan climas regionales para estudios de impacto (PRECIS). Sistema de Elaboración de Modelos Climáticos Regionales. Oficina de Meteorología del Reino Unido. <<http://precis.metoffice.com>>.

SERVIR Sistema de Visualización y Elaboración de Modelos Regional. Disponible en <<http://www.iagt.org/downloads.aspx#sv>>.

Tutorial de Evaluación de la Vulnerabilidad. Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de EE. UU. Disponible en <<http://www.csc.noaa.gov/digitalcoast/training/roadmap/resources.html>>.

Previsiones de mareas. Disponible en <http://tidesandcurrents.noaa.gov/station_retrieve.shtml?type=Tide+Predictions>

Fundamentos de ENOA. Disponible en <<http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/background/pastevent.html>>.

Análisis de composición del viento y temperatura de la superficie del mar. Disponible en <<http://www.cdc.noaa.gov/cgi-bin/data/composites/printpage.pl>>.

