
VULNERABILIDAD AL ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR Y SUS IMPLICACIONES EN LAS COSTAS BAJAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE

Mario Arturo Ortiz Pérez y Ana Patricia Méndez Linares

Instituto de Geografía, UNAM

RESUMEN

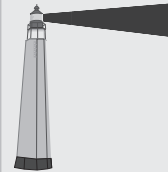
Mediante la caracterización geomorfológica del litoral se identifican áreas vulnerables a las variaciones del nivel medio del mar. A partir de esta zonificación se estimaron las áreas de impacto por inundación sobre el nivel del mar a 1 y 2 m. Se obtuvo como resultado el mapeo de distribución del fenómeno de impacto, con la utilización de imágenes de satélite y fotografías aéreas. Se hace una caracterización, de los procesos geodinámicos y de los tipos de costas. Finalmente, se sugieren algunas políticas como medidas de prevención ante las variaciones del nivel del mar a lo largo del litoral mexicano del Golfo de México.

ABSTRACT

Vulnerable zones to sea level changes were identified using geomorphological analysis. Through this zoning, areas of flood impact, 1 and 2 m above sea level were estimated. A map of impact distribution was obtained using satellital images and aerial photographs. This interpretation permitted the characterization of the geodynamic processes and the types of coasts. Finally, some policies as prevention measures are suggested before the variations of the sea level, throughout the Mexican coast of the Gulf of Mexico.

20

PROTECCIÓN



INTRODUCCIÓN

En las costas del litoral mexicano del Golfo de México están ocurriendo importantes cambios geomorfológicos de diversa extensión que operan a distintas escalas espaciales y de tiempo (Psuty, 1965, 1967; Ortiz, 1988 y 1992). Derivadas a partir del cambio global del clima, gran parte de éste, es catalizado por las actividades humanas que de manera consciente o inconsciente acentúan el efecto de los gases de invernadero, (Titus, 1987) cuya repercusión en el caso que nos refiere es al ascenso del nivel del mar. Las evidencias de los cambios y modificaciones ambientales de la costa se presentan en regiones específicas como son las costas de playas bajas arenosas, incluyendo las llanuras costeras y planicies deltaicas asociadas (Ortiz y Benítez 1996). La erosión marina de playas, en bocas estuarinas, barras e islas de barrera, son evidencia de estos cambios, que se manifiestan por el retroceso de la línea de costa hacia el interior de la porción continental. Las consecuencias de este fenómeno son la erosión, la inundación y la salinización de tierras, de aguas superficiales y del manto freático cercano; que a su vez influyen en las características estructurales y en la distribución espacial de los ecosistemas asociados (Pannier, 1992), y por otro lado se altera la vocación del uso del suelo, con efectos directos sobre la economía regional.

Un ejemplo a estos cambios en la línea de costa es el seguimiento de las modificaciones del patrón meándrico del Río Grande, Nayarit (Ortiz y Romo, 1994). Esta situación se aceleró debido a la captación de sedimentos en dos presas construidas en la zona, cuya consecuencia fue la disminución del proceso de sedimentación en el delta, que se invierte por el proceso de erosión marina y fluvial. Este entorno de acuerdo con los autores implica el retroceso de la línea de costa, modificando rápidamente la morfología del delta, y por tanto la sustitución de hábitats terrestres por la extensión de las planicies de inundación. En un ejemplo contrario al proceso de erosión (Méndez, 2003), encontró el efecto de la migración o sucesión de diferentes comunidades de manglar hacia el frente de la laguna Barra de Navidad, debido al proceso de acreción. En este sentido, los cambios en la línea de costa pueden tener efectos de orden espacial en extensión global, regional y local (Duke *et al.*, 1998). Mientras los estados dinámicos del funcionamiento varían en escalas temporales de corto tiempo, por ejemplo de tipo interdiario como el contraste de la variación diaria (día-noche), el ciclo de las mareas, las lluvias de tormenta, las marejadas y el viento, factores que en su mayoría son de carácter meteo-

rológico, los cuales al incidir con distinta magnitud, producen intensos cambios en la dinámica de la costa en un corto tiempo, (Acevedo, 1997). El funcionamiento de los estados a medio tiempo está regido por la circulación de atmósfera con el carácter térmico estacional y de régimen pluvial, los de ciclo anual que comprende a las corrientes costeras y continentales, las de oleaje y aun de fenómenos que involucren varios años. Atendiendo a los estadios de desarrollo del paisaje puede distinguirse estadio joven (formación), sucesión vegetal, secuencias sedimentarias recientes, diferentes edades de manglar, reajustes recientes por los cambios en las condiciones ambientales de salinidad y humedecimiento en franco proceso de cambio evolutivo. De esta manera, los cambios son graduales o repentinos como producto de la combinación y el balance de los diversos factores y del arreglo fisiográfico de la costa, confiriéndole diferentes niveles de magnitud espacial y temporal a la sensibilidad de la línea de costa a ser modificada en su estructura y funcionamiento, con la ruptura de la integridad interna de autorregulación del sistema costero. Por el hecho de que el fenómeno de subsidencia es de retroalimentación positiva, es decir ajeno o externo al sistema costero, sin poder interferir ni contrarrestar.

Los ecosistemas de manglar se han tomado como indicadores de los cambios en la línea de costa (Pannier, 1992), en este sentido Semeniuk (1994), considera que la respuesta de los manglares ante los cambios del nivel del mar en el futuro aún es muy incierta, y que en los deltas variaría de modo significativo. Consecuentemente, el efecto de invernadero y el calentamiento global podrían tener impacto en las diferentes escalas y dependiendo del rango de condiciones físicas y químicas, los sistemas de manglar podrían tener respuestas distintas a lo largo de las costas. Por ejemplo, un pequeño ascenso del nivel del mar en una costa con sedimentación activa, los patrones de sedimentación podrían verse afectados y, por consiguiente, los sistemas del manglar. En otro caso, un aumento similar del nivel del mar en otra zona puede afectar directamente a la vegetación de manglar, inundando su hábitat. Un pequeño ascenso del nivel del mar en una tercera localidad, podría provocar una migración del manglar sobre una pendiente plana de marea, introduciéndose hacia el mar. Finalmente, en una cuarta localidad árida, con un ligero ascenso del nivel del mar, puede provocar la muerte debido a la baja reproducción del manglar.

EVIDENCIAS Y ESCENARIOS IMPACTADOS

Actualmente es un hecho la expansión de la influencia del agua oceánica sobre los humedales, marismas, llanuras deltaicas, ciénegas, manglares, y lagunas conectadas al mar y aún las que están aisladas por barreras, puesto que tiene comunicación por capilaridad o intrusión salina. Debido a que la mayoría de las costas del Golfo de México y Mar Caribe son costas bajas arenosas con extensos humedales adyacentes que se disponen a menos de un metro del nivel del mar, tal franja de distribución marginal sería directamente afectada por el ascenso del nivel del mar (Tabla 1), y en la zona inmediata (Tabla 2) se consideran aquellos elementos con riesgo potencial a las variaciones del nivel medio del mar.

Las áreas potencialmente afectadas por el ascenso del nivel medio del mar para la vegetación y usos del suelo se muestran en porcentajes para los diferentes sectores del litoral del Golfo de México y Mar Caribe. En la zona supralitoral, para el caso del manglar, más de las tres cuartas partes se encuentra entre el litoral Centro Sur y en el litoral del Caribe con un área aproximada de 4,234 km² (Fig. 1a); con respecto a las especies halófitas la región con mayor proporción es el litoral Centro-Sur con casi 50% (1170 km²) de cobertura con respecto al resto del litoral (Fig. 1b); los cuerpos de agua y lagunas con mayor área en el litoral se localizan en la porción Nor-Occidental y Centro-Sur del Golfo de

México, ocupan más de 3000 km² (Fig. 1c). En la zona infralitoral, los pantanos tienen grandes extensiones hacia la zona Centro-Sur (34%) y Caribe (36%) con respecto al litoral total (Fig. 1d); los pastizales ocupan casi el 50% en la porción Centro-Sur con 2,580 km² (Fig. 1e), por otro lado las zonas agrícolas se distribuyen en grandes porciones hacia el litoral Centro-Occidental y Centro Sur con más de 400 km² (Fig. 1f), en la región Centro-Occidental y Oriental del litoral del Golfo, los campos de dunas tienen valores de 42 y 36%, respectivamente (Fig. 1g), finalmente las zonas urbanas de mayor extensión, potencialmente afectadas por las variaciones del nivel medio del mar se encuentran distribuidas desde el litoral Centro-Occidental hasta el Oriental.

En otro orden de afectación, las modificaciones morfológicas o cambios de la línea de costa, son las evidencias más claras en el retroceso de la línea de costa hacia el interior de la porción continental, Ortiz 1992, (Fig. 2) la cual, está plenamente comprobada mediante el análisis comparativo de las distintas imágenes aéreas de diferentes fechas de vuelo, sobre el frente deltaico del río San Pedro en el límite político de Tabasco y Campeche. Así como la evidencias de estos cambios costeros a través de destrucción de tierras, erosión e inundación, mostradas en las figuras 3, 4 y 5.

Tabla 1. Áreas estimadas para la vegetación y usos del suelo ubicadas en zona infralitoral, considerada como el escenario de impacto directo ante las variaciones del nivel marino. (Ortiz y Méndez, 2000).

Áreas Totales (%) para la Zona Infralitoral (Intermareal)						
	Marisma con Manglar		Marisma con Halófitas		Lagunas	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Litoral Nor-Occidental (Tamaulipas)	50	0.4	481	3.9	1797	14.6
Litoral Centro-Occidental (Veracruz)	401	3.3	207	1.7	688	5.6
Litoral Centro-Sur (Veracruz, Tabasco y Campeche)	1891	15.4	1168	9.5	1430	11.6
Litoral Oriental (Campeche y Yucatán)	1293	10.5	531	4.3	351	2.9
Litoral Caribe (Quintana Roo)	1050	0.6	72	7.2	886	7.6
Total	4685	38.1	2459	20.0	5152	41.9



Tabla 2. Áreas estimadas para la vegetación y usos del suelo ubicadas en zona supralitoral, considerada como el escenario de impacto directo ante las variaciones del nivel marino. (Ortiz y Méndez, 2000).

Áreas Totales (km²) para la Zona Supralitoral (Amortiguamiento o riesgo potencial)										
Regiones costeras del Golfo de México	Pantanos		Pastizales		Agricultura		Campos de Dunas		Asentamientos Urbanos	
	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%
Litoral Nor-Occidental (Tamaulipas)	57	0.3	361	2.2	41.02	0.2	84	0.5	6.12	0.0
Litoral Centro-Occidental (Veracruz)	739	4.5	1134	6.9	1486	9.0	255	15	77	0.5
Litoral Centro-Sur (Veracruz, Tabasco y Campeche)	2101	12.7	2577	15.6	1543	9.3	31	0.2	14	0.1
Litoral Oriental (Campeche y Yucatán)	482	2.9	1217	7.4	987	6.0	216	1.3	37	0.2
Litoral Caribe (Quintan Roo)	2836	17.1	132	0.8	83	0.5	22	0.1	36	0.2
Total	6215	37.5	5421	32.8	4140	25	608.1	3.7	170.47	1.0

INFLUENCIA DIRECTA DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LAS COSTAS INESTABLES

Como efecto análogo al ascenso del nivel del mar de escala global, se tiene por otra parte, al fenómeno de subsidencia, sólo que éste es de alcance regional. Obviamente el hundimiento del terreno o subsidencia se liga dependiendo de la estructura del subsuelo de la cuenca geológica en cuestión, (Ortiz, 1996; Bird, 1993).

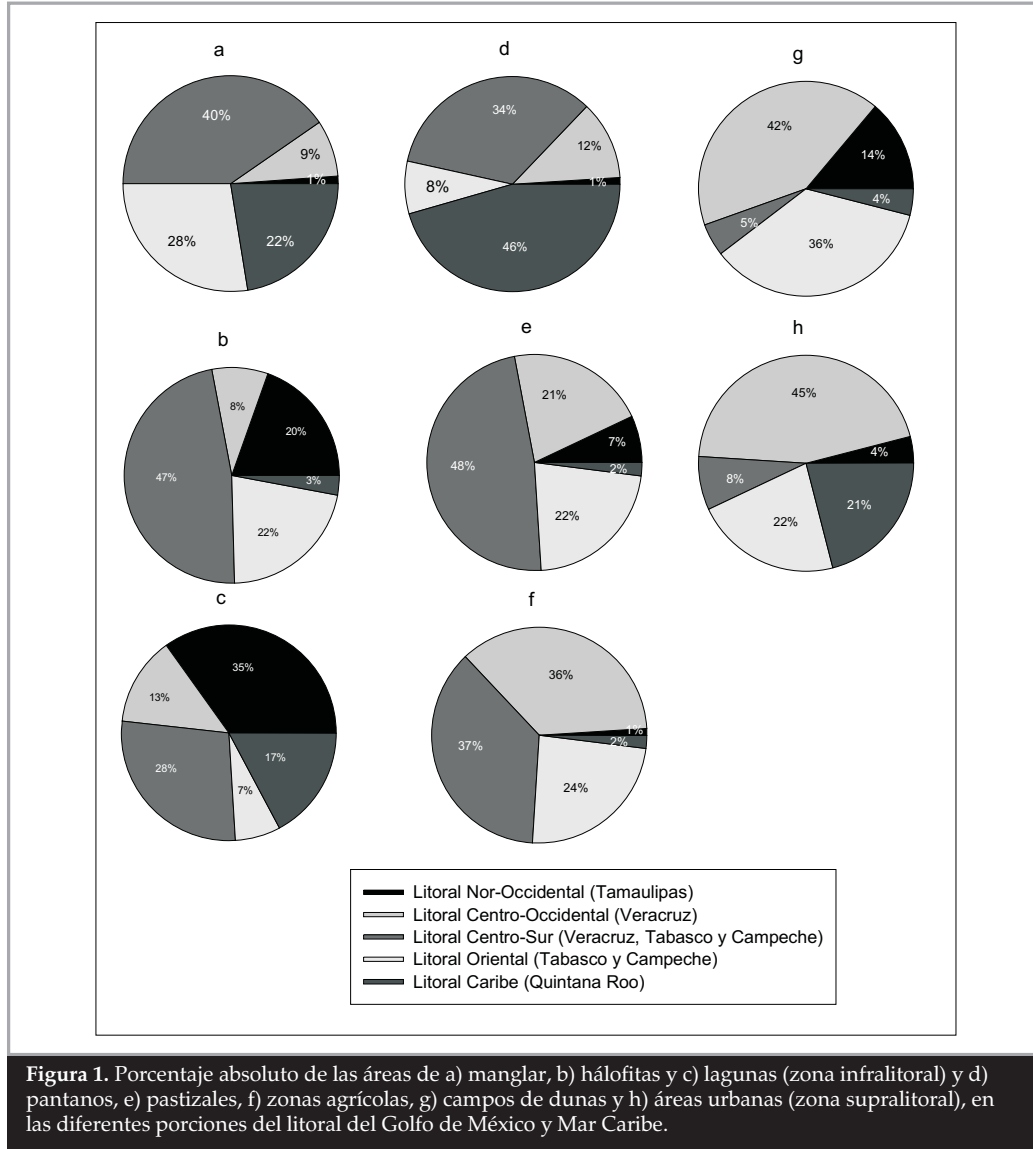
Todas las interacciones ocurren sobre o alrededor de la acumulación de sedimentos, en las cuencas geológicas deltaicas o de carácter marginal, en donde el depósito de cientos, y aun miles, de metros se ha llevado a cabo a lo largo del tiempo geológico. A partir de la distribución y disposición desigual con la que se depositan los sedimentos en la cuenca se inicia el problema de subsidencia, toda vez que el peso y la compactación de la columna de sedimentos de miles de metros de espesor propicia el hundimiento paulatino de la superficie de la cuenca (Fig. 6).

El hundimiento diferencial sucede debido a que el espesor y el peso de los sedimentos no es el mismo para toda la cuenca, puesto que los sedimentos del ambiente proximal más cercanos a la porción continental se acuñan y se adelgazan hacia los márgenes de la cuenca, donde el descenso es más lento debido a un peso menor. Mientras tanto, en las porciones distales, central y de mayor profundidad de la cuenca se acumulan los mayores espesores de la columna sedimentaria; el descenso es más rápido, reflejándose por tanto en un hundimiento de magnitud desigual. Cabe mencionar que otros elementos comunes de la estructura geológica del subsuelo, como son las fallas normales de crecimiento, contribuyen a una más rápida subsidencia. Estas fallas tendrán un comportamiento activo mientras persista el peso de la cubierta sedimentaria y ésta se renueve con aportes que acrecentarán la columna y el descenso de la margen continental.

EFFECTOS DERIVADOS Y DE INTERFERENCIA CON OTROS FACTORES BIOLÓGICOS Y SOCIO-ECONÓMICOS

A partir del fenómeno de subsidencia (Fig. 6) se encadena un haz de relaciones de repercusión glo-

bal ambiental. Independientemente de la pérdida de tierras por erosión de las playas y el consecuen-



te retroceso de la línea de costa hacia la porción continental, tiene lugar la influencia marina mediante la penetración de la cuña salina de marea tierra adentro, incrementando la salinidad de agua en los esteros, modificando condiciones de estuariidad, mismas que a su vez inducen al azolve; ya que hace propicia la formación de tapones de lodo debido a la floculación de arcillas y/o agregado de partículas finas al cargarse éstas electrostáticamente al entrar en contacto con las aguas saladas, (seguir circuito de retroalimentación, figura 6). Los obstáculos así formados por el azolve constituirán a la vez, barreras que impiden el libre flujo del escurrimiento contribuyendo, además, a un drenaje deficiente que se traduce en un incremento potencial para las inundaciones. Hasta aquí se define la primera celda de retroalimentación positiva de los factores físicos.

La sedimentación tierra adentro, las inundaciones cada vez más frecuentes y la escasa pendiente contribuyen así mismo a una mayor inestabilidad hidrográfica de los cursos fluviales; las modificaciones de la trayectoria fluvial inducen a renovadas inundaciones por las propias condiciones deficientes del drenaje. Estos procesos originan también nuevos centros de depósito, fenómenos que se forman casi imperceptiblemente y que contribuyen a un hundimiento diferencial del terreno. De esta manera se completa una nueva celda o subsistema de retroalimentación positiva dentro de un sistema mayor (Fig. 6).

En conexión con las repercusiones sobre los factores biológicos, se visualiza un sistema abierto que posee una entrada representada por la intrusión salina que proviene del ambiente exterior, en este

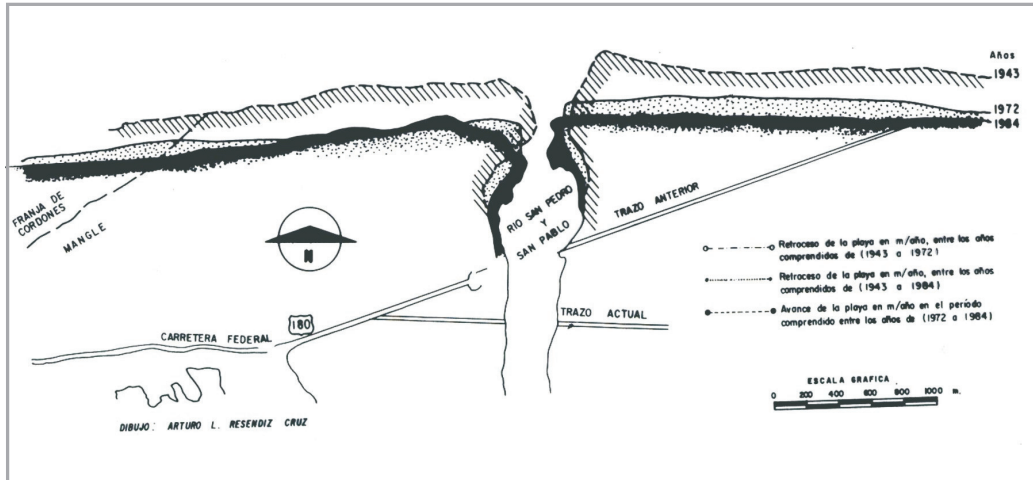


Figura 2. Detalle del retroceso del frente deltaico de Río San Pedro. Tabasco -Campeche (Ortiz 1992).



Figura 3. Por sus características de zonación, las comunidades de manglar corresponden como indicadores en la inestabilidad de la línea de costa (Pannier, 1992), y son muy susceptibles a los cambios repentinos provocando la muerte de estas comunidades.

caso, representado por la presencia de la influencia el agua marina, por tanto, el sistema no tiene ninguna clase de control sobre esta entrada, fenómeno que se traduce en un incremento de la salinización de los suelos adyacentes, y en la posible contaminación del agua de los acuíferos someros. Ambas perturbaciones repercuten en el estado del hábitat en general pues habrá un cambio de las condiciones dirigidas en dirección de una aridez fisiológica, como parte presente del proceso de desertización, el cual es reconocido por el marchitamiento y muerte de la vegetación. Se presentan igualmente cambios en la estructura y composición de la vegetación, mediante el reemplazo de comunidades hidrófitas por la colonización de pastos halófitos y de manglar arbustivo joven, con distribución dispersa y poco densa, en detrimento de la capacidad agrológica de los suelos (Zavala, 1988).

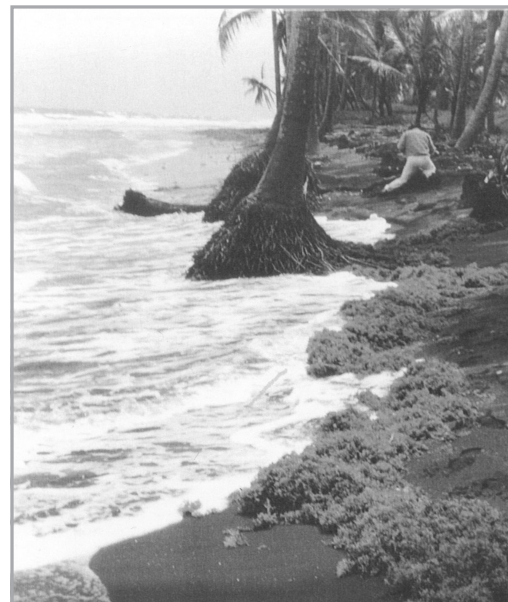


Figura 4. Rompiente y erosión de las plantaciones de coco, una vez que fue destruida la playa y el cordón de dunas. La línea de costa retrocedió hasta los plantíos hacia la porción continental (Tupilco, Tabasco).

La tendencia general del sistema es la modificación del estado del hábitat, agregando a esto el estrés de una implicación de orden espacial como es la migración simultánea de las hidroseries y ecotonos tierra adentro debido al corrimiento de las franjas litorales de ambiente costero y lagunar hacia el continente, con la consecuente reducción y estrechamiento de la zonificación original de humedales de agua dulce por la barrera del relieve positivo (alturas entre 1 y 10 metros) que limita cualquier expansión en el interior de la porción continental.



Figura 5. La destrucción de la infraestructura adyacente a la costa, es otro de los problemas que se manifiestan con el ascenso del nivel medio del mar. (Barra de Tupilco, Tabasco).

No todas las consecuencias del impacto se pueden visualizar con facilidad como, por ejemplo una serie de factores limitantes para la diversidad biológica y la adaptación y establecimiento para una nueva biocenosis, procesos que en términos de productividad general se traducen en un abatimiento y sustitución del tipo de productividad natural de los ecosistemas, y por consecuencia, en una disminución y perturbación de los recursos naturales básicos (agua-suelo-vegetación).

Hasta esta etapa, la tendencia del sistema es la de formar un conjunto de eventos concatenados que giran alrededor del proceso de sucesión secundaria, mismo que se caracteriza por estar desfasa-

do, es decir, fuera de equilibrio mientras persista la migración y el control de la sucesión desde el ámbito exterior. De este modo los fenómenos en su conjunto desembocan en un problema de abatimiento de recursos naturales (Fig. 6). En este momento la secuela del modelo sale del sistema de factores biológicos para trastocar la esfera de interés económico; en el marco de referencia de efectos y acciones de la sociedad.

Como se ha mencionado, con la presión del crecimiento de la población y la economía se ha transformado la función natural de las tierras bajas adyacentes a la costa, en los cuales, los recursos naturales están siendo degradados al verse perturbados por el uso inadecuado del suelo. Un ejemplo es la deforestación, al ser sustituidas las selvas, pantanos y manglares por tierras de ganadería extensiva, y mediante la quema normalmente controlada que se lleva a cabo en la época de secas para terminar por implantar los pastos inducidos.

La existencia de tales problemas se agrava, si se yuxtapone con los efectos derivados del cambio global de clima, situación que de manera invariable implica la proyección del efecto de invernadero o sea del calentamiento de la atmósfera debido a un incremento de las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂), metano, clorofluorocarbones y de otros disipados gases en la atmósfera, los cuales cuentan con la propiedad de absorber radiación infrarroja motivando la retención de calor en la atmósfera, de manera semejante al efecto de un invernadero (PNUMA, 1989). Se calcula que el calor atrapado en la atmósfera elevará la temperatura global entre 3 y 4 grados centígrados y con ello también se elevaría la temperatura del agua oceánica. El incremento de calor de ambos ámbitos, podría derretir y provocar un mayor desprendimiento y deriva de témpanos en el océano hasta latitudes medias, para favorecer su fusión, fenómeno que seguramente favorecerá a incrementar el ritmo de ascenso del nivel del mar.

VULNERABILIDAD DEL LITORAL MEXICANO DEL GOLFO DE MÉXICO

Con el reconocimiento geomorfológico de las costas es posible conocer los tipos de costas producto de la historia geológica y de distinto carácter litológico de las formaciones que incluye, por ejemplo las costas rocosas de material firme o consolidado de aquellas de materiales suaves donde se modelan costas bajas arenosas. De esta forma las costas pueden diferenciarse en función del arreglo de los

componentes geomorfológicos (formas de erosión, transporte y acumulación) las cuales finalmente se manifiestan a través de la inestabilidad de la línea de costa que se resumen en tres comportamientos posibles: costa transgresiva, costa regresiva y en equilibrio-estable. Para la identificación de las dos primeras se confeccionó una tabla comparativa de atributos, la mayoría de los cuales son componen-



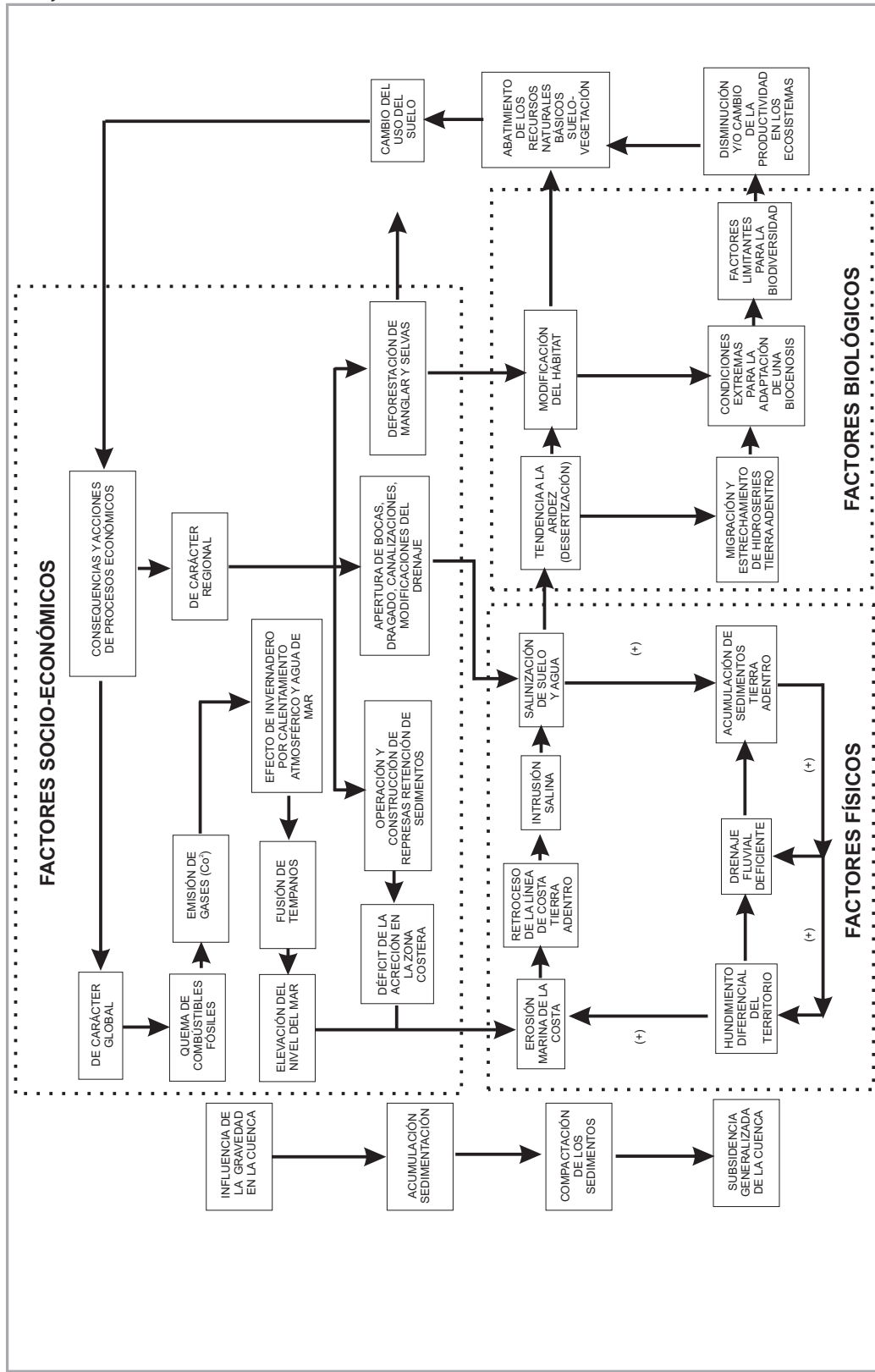


Figura 6. Consecuencias y efectos de los factores socio-económicos, físicos y biológicos ante las variaciones del nivel medio.

tes visibles, es decir se expresan superficialmente, excepto el ambiente sedimentario y el de implicaciones ecológicas que no siempre exhiben los procesos de manera territorial (Tabla 3). Con estos elementos de análisis se hizo el reconocimiento de la zonificación las áreas costeras frágiles o más vulnerables al avance del mar sobre el continente con objeto de conocer y estimar los impactos con implicación ambiental.

GEODINÁMICA COSTERA

Con el monitoreo multitemporal de imágenes satelitales, fotografías aéreas de diversas fechas, y verificación de campo, se interpretó la inestabilidad de costa en función de las características tectónicas, expresión morfológica (formas de erosión y acumulación) así como las características hidrológicas e hidrográficas de la red fluvial y estuarina expuesta en los criterios de la Tabla 3. Así como en la zonificación de tipos de costa a partir de los criterios utilizados por Ortiz y Espinosa (1991) (Fig. 7). La distribución del comportamiento de la geodinámica costera se modificó con información más reciente y de este modo se tiene la siguiente clasificación:

Comportamiento Regresivo

Avance de la línea de costa hacia el mar por sedimentación del acarreo costero. Avance de la línea de costa hacia el mar por sedimentación en el frente deltaico. Avance de la línea de costa hacia el mar por emersión continental a partir de movimientos tectónicos y acumulación de materiales volcánicos.

Comportamiento Transgresivo

Retroceso de la línea de costa hacia el continente por subsidencia o hundimiento continental, por movimientos tectónicos de descenso, de compactación de sedimentos y fallas normales de crecimiento en cuencas geológicas marginales y/o ascenso del nivel del mar. Retroceso de la línea de costa hacia el continente por reducción inducida del aporte de sedimentos fluviales o deltaicos y de interferencias que hombre propicia con las obras de infraestructura (espigones, muelles, escolleras).

Comportamiento Estable

Se refiere a las costas no afectada por movimientos eustáticos, que se encuentran en aparente equilibrio, que con el conocimiento o mediciones actuales, no se llega a estimar y descifrar el sentido del movimiento y por tanto son de carácter neutral. Este apartado y de manera convencional se asigna a la línea de costa no diferenciada, que requiere de

mejores estudios para consignar la condición y disposición en cuanto al sentido de los movimientos eustáticos.

TIPOS DE COSTAS

Costas erosivas (costa rocosa). Ambiente dominado por el arribo constante del oleaje.

Costas abrasivo-acumulativas (costa mixta). Ambiente de oleaje amortiguado por refracción del ángulo de incidencia, es decir sitios salientes de la costa con alta concentración de energía del oleaje, alternado con tramos de línea de costa de configuración entrante con oleaje de baja energía o amortiguado, con transporte local de sedimentos por corrientes playeras de deriva litoral.

Costas acumulativas (de playas bajas arenosas). Ambiente de oleaje constante de baja energía, constructivo con suministro y depósitos de playa abundantes, interrupción de la sedimentación sólo en tormentas con oleaje erosivo y formación de bermas.

Costas acumulativas deltaicas. Se identifican tres ambientes: a) procesos de sedimentación fluvial dominantes en ambientes con escasa energía del oleaje marino, b) con modelado de oleaje en el frente deltaico y redistribución de sedimentos en barras dispuestas a los flancos de las desembocaduras, y c) de ambientes macromareales con bocas estuarinas de circulación alta energía física y mezcla.

Costas de planicies acumulativas de inundación y de intermareas. Con oscilación de las mareas, (ascendente y descendente) que suele ser acompañada de procesos de sedimentación extensa, con ciclos alternantes de inundación de diverso tirante y de llanuras marginales descubiertas en la marea baja, de condiciones muy variables en la superficie (ritmos de sequedad con evaporación-salinización elevada y de inundación sucesiva). Normalmente este tipo de línea de costa tiene lugar en planicies de inundación que se les localiza resguardadas de mar abierto, en aguas interiores o protegidas.

Costas biogénicas (de manglar y de barrera coralina). Se reconocen los siguientes rasgos distintivos: ausencia de playa, manglar expuesto al oleaje directo, pero de muy baja energía física. La costa coralina y/o con fragmentos de conchas (coquina), emerge con los niveles de marea baja y forma plataformas de abrasión en la rompiente, morfología retocada por procesos de disolución cársica con influencia del escurrimiento subterráneo de la margen continental.



Manejo Costero en México

Tabla 3. Áreas estimadas para la vegetación y usos del suelo ubicadas en zona infralitoral, considerada como el escenario de impacto directo ante las variaciones del nivel marino. (Ortiz y Méndez, 2000).

Tipos de Costas Características	Costas de Comportamiento Transgresivo	Costas de Comportamiento Regresivo
Inestabilidad de la línea de costa	1. Retroceso de la línea de costa hacia el continente 1.1 Erosión de playas, destrucción de tierras bajas y de la infraestructura	1. Avance de la línea de costa hacia el mar 1.1 Acreción de playas, acrecentamiento de llanuras deltaicas por acumulación sedimentaria. Dominio de formas acumulativas
Régimen tectónico, dirección del movimiento	Subsidencia, hundimiento	Ascenso, levantamiento con sedimentación rápida
Expresión morfológica	- Islas de barrera con cercenaduras y abanicos de desplajamiento sobre el flanco de sotavento Rupturas de pendiente "bermas", afloramientos de "beach rock" - Presencia de planicies intermareales (marismas), planicies de inundación circundantes a la zona infralitoral - Deltas internos de marea - Migración de dunas activas hacia tierra adentro	- Costas rocosas y acantilados, terrazas de abrasión, nichos de abrasión del oleaje elevados sobre el nivel superior de corrosión, planicies de cordones costeros, formación de barras, crecimiento de islas barrera, "spits" y campos de dunas
Características hidrológicas y patrones de la red hidrográfica	- Ascenso del nivel de las aguas freáticas con incremento de la condición palustre o anegamiento - Disminución de las pendientes de los cursos fluviales - Aumento de las condiciones estuarinas río arriba con ensanchamiento de las bocas - Incremento del nivel del agua, con una mayor conexión entre los ambientes lóticos y lénticos (red hidrográfica mejor integrada) Migración de las riberas tierra adentro - Dominio de formas acumulativas y azolves en la zona supralitoral	- Descenso del nivel freático subsuperficial con asentamientos superficiales del terreno - Incremento en el gradiente de pendiente y extensión del perfil longitudinal de los cursos fluviales - Incisión de cauces en la porción alta de la llanura costera con formación de terrazas bajas - Valles antecedentes y colgados - Niveles de cársticidad elevados por encima del nivel freático actual - Desintegración de la red de ambientes lóticos y lénticos (formación de cuerpos de agua aislados). Migración de las riberas en dirección al mar
Ambiente sedimentario	- En la parte basal los sedimentos son de grano grueso a los que sobreyacen alternancias de limos y arenas para terminar con una serie de depósitos muy finos en la superficie - Reducción del espesor del sustrato - Acumulación de sedimentos muy finos tierra adentro en las áreas acuáticas de mezcla por floculación de partículas	- Materiales muy finos en la base en la medida que se asciende el tamaño de las partículas se va haciendo paulatinamente más grueso hasta encontrar los depósitos de playa - Aumento en el espesor del sustrato
Algunas implicaciones ecológicas	- Incremento de la salinización de los suelos y agua - Destrucción de la vegetación - Modificación del hábitat - Migración del manglar tierra adentro	- Decremento de la salinización de los suelos y agua - Modificación en las condiciones del hábitat original - Modificación en el patrón de sucesión vegetal

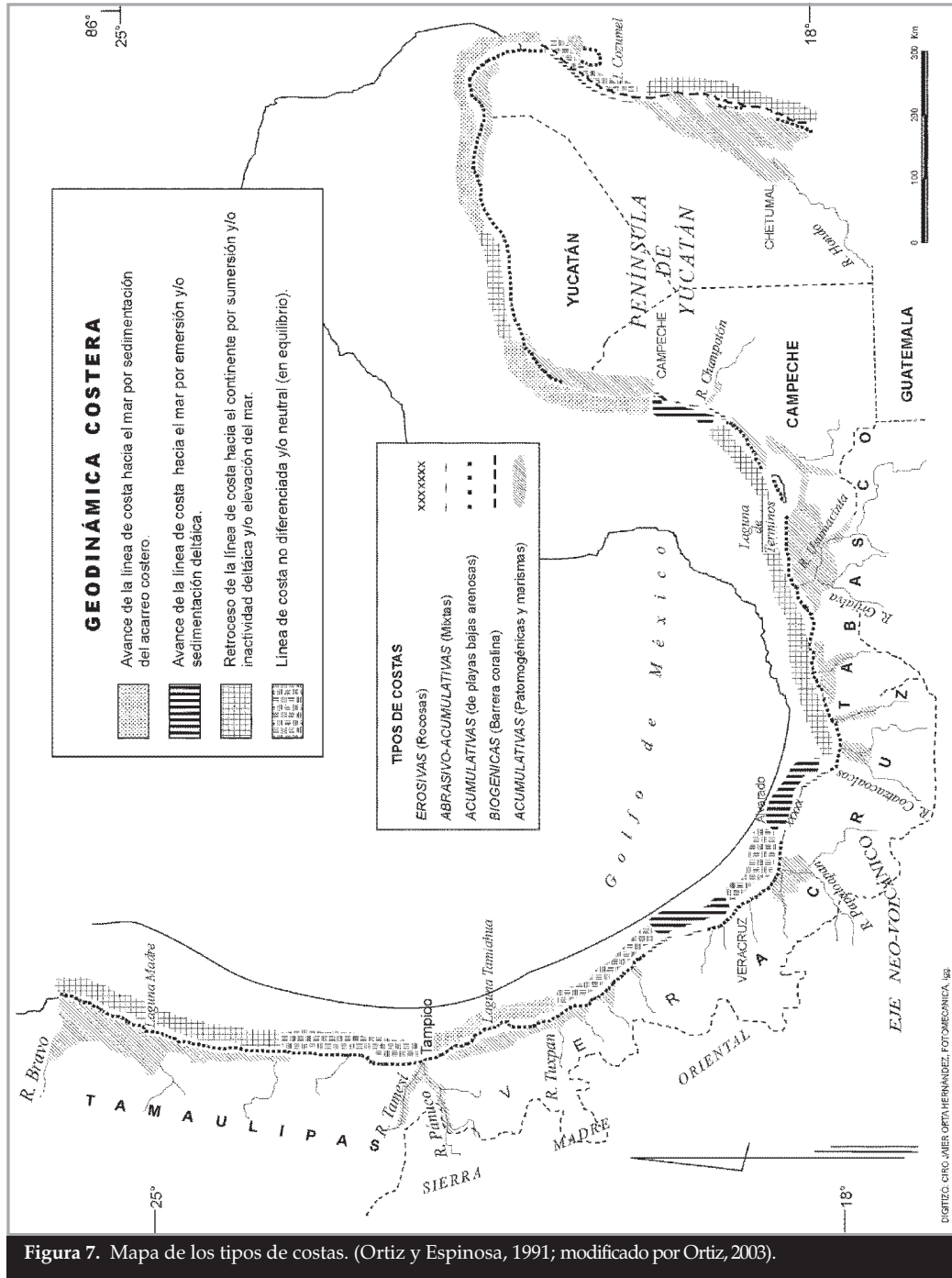


Figura 7. Mapa de los tipos de costas. (Ortiz y Espinosa, 1991; modificado por Ortiz, 2003).

LA RESPUESTA ANTE MODIFICACIONES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR

Las preguntas de cómo responderán los sistemas costeros a los incrementos en el nivel del mar, no son conocidas y menos aún las consecuencias en términos de la perturbación del servicio ambiental y de la estimación económica de las pérdidas. Estas dificultades se deben a las siguientes razones:

- Se desconoce la tasa o proporción del ascenso del nivel que pueda generalizarse como norma universal o planetaria, pues no existe consenso unánime de cuánto se espera con las muy diversas proyecciones y estimaciones, e incluso contradicciones. Por

Manejo Costero en México

supuesto para el caso del Golfo de México en donde parece que la subsidencia es la que realmente está guiando el proceso de ascenso, el valor que pudiera brindar una medida, es relativo debido a las diferencias en la geodinámica costera

- No se cuenta con un plan de defensa o mitigación y menos aún de políticas de manejo o adaptación ante el fenómeno en cuestión, Por otra parte, no es perceptible para la mayoría de las personas y por lo tanto difícil de convencer y de revertir inercias
- Es evidente el impacto socioeconómico sobre el ambiente y las repercusiones que ha tenido en el aumento del nivel medio del mar. Las consecuencias de este fenómeno cada vez son más visibles y de mayor magnitud, es por ello que se deben tomar acciones de prevención y mitigación. Para prevenir tal impacto se propone la identificación y medición de los cambios que ocurren en la línea de costa, monitorear la modificación de la red fluvial y la expansión de la inundación temporal y permanente; y establecer en aquellas zonas con mayor riesgo o vulnerabilidad, una vez identificadas, crear medidas de amortiguamiento o mitigación tales como:

1. Defensa: en las áreas afectadas por inundación se propone por ejemplo construir obras de infraestructura (diques) para proteger refinerías y puertos. Otro caso sería mantener los ecosistemas costeros y evitar la deforestación de la cubierta vegetal, para que estos sistemas actúen como barrera natural

2. Adaptación: este es un sistema que como su nombre lo indica consiste en adecuar, por ejemplo, los usos del suelo con medidas y restricciones, con uso no intensivo sino extensivo (ganadería, pesca, etc)

3. Retirada: esta medida se tomaría cuando no es posible establecer las dos anteriores. En este caso se propone el abandono y reubicación, por ejemplo el desalojo de las obras no costeadas (terrenos salinizados difícil de recuperar, etc.). Reubicación de la población expuesta a inundaciones. En la figura 8, se presenta de manera muy general la propuesta anterior para el Golfo de México y Mar Caribe.

CONCLUSIÓN

No se cuestiona las proyecciones del ascenso del nivel del mar, toda vez que se toma como un hecho aceptado e ineludible. Se enfoca a conocer las implicaciones y las consecuencias del ascenso como un fenómeno paralelo al de la subsidencia, la diferencia de vulnerabilidad costera del litoral mexicano del Golfo está guiada por el descenso diferencial de las distintas cuencas geológicas marginales (cuenca de Burgos, Tampico-Mizantla, la cuenca de Veracruz, la cuenca salina del Istmo, Comalcalco y Macuxpana) y de las fallas geológicas en la Península de Yucatán.

La falta de indicadores directos y sistemáticos de carácter oceanográfico y en particular mareográfico impiden conocer con mejor precisión las modalidades, propiedades del fenómeno en cuestión. Si tomáramos como herramienta de análisis a los elementos directos, sería una desventaja difícil de superar por ahora, al no contar con una base

mínima de datos. La ventaja del enfoque utilizado es el poder de identificar las áreas vulnerables al ascenso del nivel del mar. El conocimiento de la vulnerabilidad de la costa se desprende el conocimiento y monitoreo a lo largo de todo el litoral empleando el arreglo fisiográfico de los componentes de la zona costera, como la clave analítica que permitió detectar los cambios, modificaciones y los efectos del impacto: erosión, inundación y salinización, esta última identificada por los cambios en la cobertura vegetal y de uso del suelo.

Con estos avances se han identificado y evidenciado en el campo los efectos negativos, pero el cuestionamiento es ¿Qué falta hacer?, se requiere evaluar y clasificar el grado de vulnerabilidad de las costas con mediciones y herramientas de mayor precisión y resolución, con el fin de señalar las estrategias para hacer frente a la problemática, a través de políticas de manejo estratégicas.

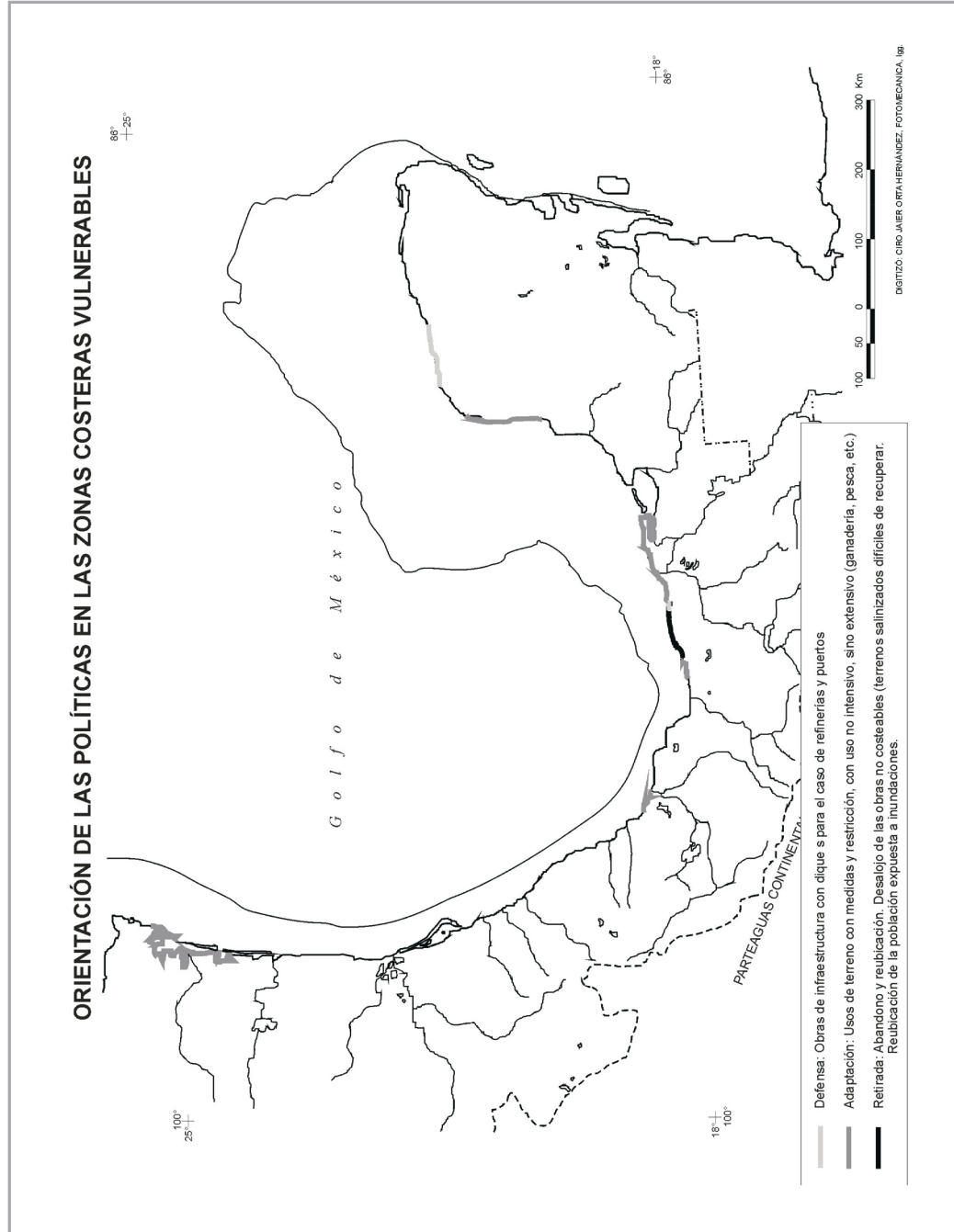


Figura 8. Mapa de políticas propuestas ante el ascenso del nivel medio del mar, para el Golfo de México y Mar Caribe.

LITERATURA CITADA

Acevedo, R. P., 1997. Análisis de los paisajes insulares del Archipiélago Sabana-Camagüey. Tesis de Doctorado. Facultad de Geografía, Universidad de la Habana. 35 p.

Bird, E., 1993. Submerging Coast. The effects of rising sea level on coastal environments. United

Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. 184 p.

Duke, N.C., M.C. Ball, y J.C. Ellison, 1998. Factors Influencing biodiversity and distributional gradients in mangrove. *Global Ecology and Biogeography Letters*. 7: 27-47.

Manejo Costero en México

Méndez, L.A. P., 2003. Fisonomía y estructura de diferentes asociaciones de manglar y su relación con la geomorfología del abanico deltaico de Arroyo Seco, Jalisco. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. 72 p.

Ortiz, P.M.A., 1988. Evidencias de cambios geomorfológicos del sistema litoral mediante el análisis de imágenes aéreas, p. 43-54. *In: Memorias ecología y conservación del delta de los ríos Usumacinta y Grijalva.* Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. División Regional, Tabasco. Gobierno del Estado. 714 p.

Ortiz, P.M.A., 1992. Retroceso reciente de la línea de costa del frente deltaico del río San Pedro, Campeche, Tabasco. *Investigaciones Geográficas Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 25: 7-23.*

Ortiz, P.M.A., y J. Benítez, 1996. Elementos teóricos para el entendimiento de los problemas de impacto ambiental en las planicies delticas: la región de Tabasco y Campeche., p. 483-503. *In: A.V. Botello, J.L. Rojas-Galaviz., J. Benítez y D. Zárate-Lomelí (eds.). Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias, EPOMEX, Serie científica 5, Universidad Autónoma de Campeche. 666 p.*

Ortiz, P.M.A, y L.M. Espinosa, 1991. Una clasificación geomorfológica de las costas de México. *Geografía y Desarrollo. 2(6): 2-9.*

Ortiz, P.M.A., y M. de L. Romo, 1994. Modificaciones de la trayectoria meándrica del curso bajo del Río Grande Santiago, Nayarit, México. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 29:9-23.*

Ortiz, P.M.A., y A.P. Méndez, 2000. Componentes naturales y de uso del suelo vulnerables a las variaciones del nivel del mar en la costa atlántica de México. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 41: 46-61*

Pannier, F., 1992. El ecosistema de manglar como indicador de cambios globales en la zona costera tropical. *Ciencia, 43: 111 - 113.*

PNUMA, 1989. El estado del medio ambiente en el mundo, PNUMA, Nairobi, Kenya. 68 p.

Psuty, N.P., 1965. Beach-Ridge Development in Tabasco, *Annals of the Association of American Geographers, 55: 112-124.*

Psuty, N. P., 1967. The Geomorphology of Beach Ridges in Tabasco, Mexico, Louisiana State University Press, Baton Rouge. *Coastal Studies Series, 18: 43-54.*

Semeniuk, V., 1994. Predicting the effect of sea-level rise on mangroves in Northwestern Australia, *Journal of Coastal Research 10(4):1050 - 1076.*

Titus, J., 1987. Sea level rise and wetland loss: an overview, Greenhouse effect, sea level rise and coastal wetlands, EPA (Environmental Protection Agency), EUA. 1-35 pp.

Zavala, C. J., 1988. Regionalización Natural de la Zona Petrolera de Tabasco: casos de estudios. INIREB. 182 p.