

Se recibió el 14 de abril 2013 Se dictamino 22 de junio 2013

MODIFICACION DE LINEA DE COSTA

Zayas Esquer M.
Espinoza Carreon T.L
Jiménez Ilescas A.R
Facultad de Ingeniería Mochis, UAS.
Departamento de Medio Ambiente, CIIDIR-IPN.
Departamento de Oceanología, CICIMAR-IPN.
magdalenazayas@msn.com

RESUMEN

El Municipio de Guasave, Sinaloa, en la zona costera de Playa Las Glorias, a lo largo de dos décadas la línea de playa se ha recorrido, perdiéndose más de 140 m de playa. En afán de recuperar terreno, en 2006 se construyó un espigón en La Bocanita, sin embargo, la erosión continúa provocando grandes cambios morfológicos en toda la línea costera. El objetivo de este trabajo fue valorar cómo el espigón ha modificado línea de costa de Playa Las Glorias, identificando áreas de erosión y sedimentación a partir de imágenes de satélite y de fotos aéreas. Las líneas de costa de los años 1999-2003 sugieren erosión en playa Las Glorias, mientras que la Bocanita y Macapule hubo acreción. En el 2003-2008 y 2008-2010, muestran un comportamiento muy inestable evidenciando que en la Isla Macapule hay crecimiento constante, provocando que el canal de navegación cambie de dirección y al mismo tiempo ocasionando que la Bocanita se erosione de manera severa afectando fuertemente la zona de dunas frente a la Bocanita. En cuanto al comportamiento de la franja costera de Playa las Glorias mostró acumulación al norte cerca del espigón, disminuyendo hacia el sur, siendo mayor la erosión en los años del 2008 al 2010.

Después de La construcción del espigón en algunas partes cambio la morfología de la playa detuvo parcialmente la migración de la boca, pero al continuar el aporte de arena al canal, debido al transporte litoral, azolvó la boca y causó un aumento en la intensidad de las corrientes, que a su vez produjo un aumento en la erosión de las playas.

I. INTRODUCCIÓN

La zona costera es la interfase entre el mar, la playa y la atmósfera y su forma es el resultado del equilibrio entre los tres. Actualmente la zona costera está experimentando una intensa actividad antropogénica, la que en la mayoría de los casos se trata como si fuera una superficie estable, y se construyen sobre ella diversas edificaciones que a la larga enfrentan un inevitable conflicto entre la naturaleza y el hombre: por lo tanto, se requiere entender su comportamiento antes de utilizar estos lugares para el desarrollo urbano [Tarbuck *et al.*, 1999]. La construcción en dunas es posible, pero siguiendo procedimientos y normas para cuidar estos frágiles ecosistemas y para dar seguridad a los inmuebles que en ella se establecen.

Una playa es una zona costera cubierta de material suelto, sujeta a acumulación y erosión de sedimento, que tiende a moverse a lo largo de la costa por causa del oleaje y las corrientes paralelas a la costa, por lo que el resultado a largo plazo provoca: erosión, sedimentación o equilibrio dinámico, dependiendo de las cantidades relativas de sedimento. Es difícil precisar el tiempo en que los cambios son perceptibles, ya que se enmascaran en oscilaciones de corto plazo, especialmente con el paso de tormentas y huracanes, sin embargo, existen algunos lugares en los cuales el cambio en la línea de costa originado por las obras civiles, es relativamente rápido [Martínez-Brown, 2003]. Estas obras civiles, consideradas para la protección de la costa, son una actividad humana que surgió desde que el hombre adquirió, por medio de herramientas y construcciones simples, la capacidad de proteger el espacio que lo circunda para su propio beneficio [Salles y Silva, 2004].

En el Municipio de Guasave, Sinaloa se encuentra Playa Las Glorias, uno de sus principales aportes de sedimento es el Río Sinaloa, sin embargo, debido a la construcción de las presas Guillermo Blake Aguilar y Gustavo Díaz Ordaz en los años 1972 y 1981 respectivamente, el aporte de sedimentos ha disminuido considerablemente, debido a que dichas presas actúan como trampas de sedimento. Cabe señalar que el transporte perpendicular y paralelo a la costa, origina ganancias y

pérdidas estacionales a lo largo del perfil de playa a lo largo del año [Alcántar-Elizondo, 2007]. Otro aspecto importante a considerar en la celda de sedimentos es la construcción de dos escolleras de enrocamiento en 1991, las cuales se crearon con el fin de estabilizar horizontalmente la desembocadura del Río Sinaloa. Las escolleras están desde entonces obstruyendo el transporte natural a lo largo de la playa. Dicha construcción genera una acumulación de sedimento hacia el sur de la escollera y una impresionante erosión del lado norte, que ha afectado a muchas construcciones.

II. ANTECEDENTES

Los espigones son estructuras perpendiculares a la línea de la playa construidas en las márgenes de las costas, generalmente de rocas angulosas apiladas y son empleados para proteger bancos de arena, playas ó para controlar el curso del agua. La orientación del espigón con respecto a la dirección de la corriente, o del oleaje, determina cómo se acumulará el sedimento. Cuando el espigón es perpendicular a la costa, la distribución de la arena es hacia ambos lados, para el espigón inclinante la mayor parte del sedimento se acumulará a la izquierda del espigón, y para el declinante se depositará en el lado derecho [González –Ruelas *et al.*, 2005].

Cuando sobre una costa abierta con un transporte de sedimento continuo se interpone una barrera, como escolleras para la entrada a un puerto, un espigón, etc., la dinámica litoral imperante en el tramo se interrumpe, o por lo menos se modifica, provocando una descompensación sedimentaria: al lado de barlomar se acumula continuamente material, mientras que del lado de sotamar se va produciendo una continua erosión; pudiendo alcanzar a descompensar la longitud del espigón que sin ser barreras totales afectan a todo el sistema litoral, ya que representan una barrera parcial al movimiento natural de sedimentos a lo largo de la costa [De la Peña Olivas, 2007].

Todos los países costeros de la Unión Europea están afectados por la erosión costera. En el 2004, aproximadamente 20,000 kilómetros de costa de la Unión, un 20% del conjunto, se han visto afectadas por serios impactos. En la mayor parte de las zonas afectadas existe un retroceso efectivo de la línea de costa [15,100 km], a veces a pesar incluso de las obras de defensa [Comisión Europea, 2005].

En el año 2001, alrededor de 7,600 kilómetros de la costa europea estaban afectados por proyectos de lucha contra la erosión, 80% de los cuales se han llevado a cabo en los últimos 15 años. Estos proyectos utilizan y combinan una gran gama de técnicas que incluyen: Técnicas “duras” de ingeniería, utilizando hormigón o escollera para fijar la línea de costa y proteger los bienes e instalaciones costeras [Eurosión, 2005].

En Mar del Plata, Argentina, el emplazamiento de obras de defensa para combatir la erosión que comenzó durante la primera mitad del siglo pasado, acentuó los procesos erosivos en las playas del Norte, en el sentido de la deriva litoral. El retroceso de la línea de costa se manifestó tanto en playas asociadas con cadenas de dunas como en áreas de acantilados. Isla [2003] atribuye parte de la erosión de este sector a la interrupción de la deriva inducida por la construcción del Puerto de Quequén, que afectó los lotes de Quequén, Bahía de los Vientos y Costa Bonita, Uruguay [Carsen *et al.*, 2004].

HSU *et al.*[2008], examinaron la erosión de una playa de Taiwán, que es uno de los problemas costeros más importantes debido a la influencia de la actividad humana, el crecimiento demográfico rápido y el desarrollo económico en las zonas costeras.

En México se tienen pocos registros sobre los efectos de las obras civiles, pero existe un problema muy serio, cuando con el afán de corregir erosiones se construyen espigones gigantes que provocan, que los más pequeños que ya existían pasen a ser obsoletos, como es el caso de Bahía Banderas, Jalisco, México. Además que los pobladores afectados para poder competir construyen otros más grandes y así sucesivamente ya que estas superconstrucciones provocan una barrera que impide la libre circulación de las corrientes marinas y modifican el ángulo de incidencia del oleaje, lo que repercute en el movimiento equilibrado de los sedimentos.

En el municipio de Guasave, Sinaloa, en la localidad de Las Glorias se han venido realizando diversos tipos de acciones tendientes a promover el desarrollo turístico de la zona. Playa Las Glorias se encuentra ubicada entre la desembocadura del Río Sinaloa, y La Bocanita, al sur de Isla Macapule. Se han instalado diversos establecimientos turísticos y habitacionales que son el soporte de la actividad económica. En los años 90's el H. Ayuntamiento de Guasave, solicitó la participación del Fondo Nacional de

Fomento al Turismo [FONATUR] para la elaboración de un “Plan maestro del Proyecto Desarrollo Turístico de Las Glorias, Sinaloa”, con el objetivo de incrementar la actividad turística de la región a nivel nacional e internacional.

La compañía de consultores en Ingeniería Fluvio-marítima, S. A. realizó un estudio donde presentó un complejo desarrollo turístico en playa Las Glorias planteando la construcción de hoteles, condominios, residencias, un campo de golf, trailer park y embarcaderos. Sin embargo, este plan no se ha podido cristalizar.

La Federación de Cooperativas Pesqueras del Municipio de Guasave y los pobladores manifiestan una enorme preocupación por la grave erosión que se está presentando en playa Las Glorias, que en ocasiones ha llegado hasta el límite de los restaurantes y el intenso oleaje ha destruido hasta los cimientos de algunas construcciones. Hoy día el oleaje en marea alta invade la zona de restaurantes. La erosión de playa Las Glorias, dicha erosión se ha venido documentando desde la construcción de las presas anteriormente mencionadas y de las escolleras en la desembocadura del Río Sinaloa. Con la construcción del espigón se incrementó en velocidad y fuerza el fenómeno de erosión observado anteriormente.

III. JUSTIFICACIÓN

Las comunidades humanas, en su afán de establecerse en la costa en sitios convenientes por su clima y por la disponibilidad de insumos necesarios para su supervivencia y bienestar, sufren el embate de la naturaleza, por lo que el hombre se ha visto en la necesidad de construir obras o adecuar el entorno para protegerse. Hoy en día, con asentamientos costeros múltiples y numerosos y dado el dinamismo y vulnerabilidad del equilibrio de las costas, las cuales están en permanente cambio en escalas de tiempo con variaciones de horas a años, o mayores, dependiendo del tipo de costa y de las fuerzas desestabilizadoras e inductoras del cambio, la protección costera es un aspecto común de la vida cotidiana en las comunidades costeras.

Tal es el caso del municipio de Guasave, Sinaloa, en la localidad de Playa Las Glorias, donde se han venido realizando diversos tipos de acciones tendientes a promover el desarrollo turístico de la zona, ya que el sitio destaca por su belleza, magnitud e impacto en la región, de tal manera que año con año se ha incrementado la

demanda de instalaciones en busca de esparcimiento y descanso. La disminución de los sedimentos costeros y la reducción de espacio de la zona costera activa han provocado una situación de “estrés costero” y la urbanización de la costa ha transformado la erosión costera de un fenómeno inicialmente climático y natural, en un problema continuo y de creciente intensidad.

En esta zona, así como en otras zonas costeras el retroceso de la línea de costa viene acentuado por la actividad humana y la artificialización de la costa, y avanza poco a poco sobre las costas sedimentarias. Los ecosistemas dinámicos costeros y sus paisajes naturales desaparecen progresivamente y la falta de sedimentos puede ser el factor que más contribuya a ello. Con la reciente construcción de un espigón en la Bocanita en playa Las Glorias, Guasave, Sinaloa, se ha venido observando que la dinámica costera y oceanográfica del lugar se está modificando. Sin embargo, no se descarta la posibilidad que dicha afectación sea un proceso ligado al cambio climático mundial. Los habitantes de playa Las Glorias, tanto restauranteros como pescadores, manifiestan su preocupación por el cambio en la dinámica costera que han venido observando desde hace un tiempo. Lo cual genera la necesidad de conocer el origen del problema para buscar la mejor solución.

III. OBJETIVOS

IV. 1 Objetivo General.

Valorar cómo la construcción del espigón ha modificado la línea de costa de Playa Las Glorias, identificando áreas de erosión y sedimentación a partir de imágenes de satélite y de fotos aéreas.

V. ÁREA DE ESTUDIO

V. 1 Características generales.

Playa Las Glorias se ubica en el centro norte del Estado de Sinaloa, en el municipio de Guasave, entre 25° 17.00' al 25° 17.58' de latitud Norte y 108° 32.71' y 108° 32.58' de longitud Oeste, en coordenadas UTM, región 12, con datum WGS84, de XUTM 747193.749 a 747393.429 y de YUTM= 2798584.047 a 2799659.093, a 40 km al sur de la ciudad de Guasave [Fig. 1]. El área de estudio comprende ~5 km de playa

arenosa, la cual se extiende desde la desembocadura del Río Sinaloa hasta el estero La Piedra, así como la parte sur de la Isla Macapule.

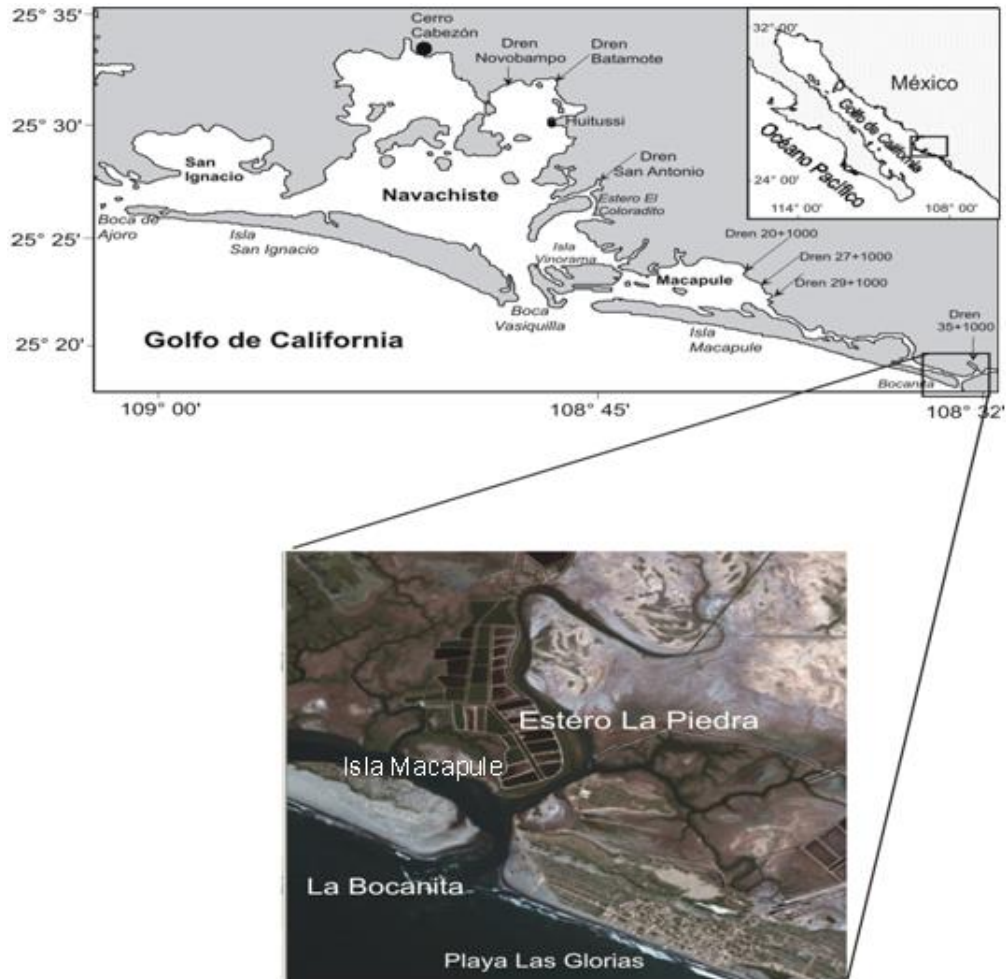


Figura 1. Localización del área de estudio, Playa Las Glorias, La Bocanita e Isla Macapule.

V.2 Geología y Geomorfología.

Playa Las Glorias pertenece a la llanura deltaica del Río Sinaloa, forma pequeñas franjas de abanicos aluviales compuesta por formaciones geológicas de gravas, limos y arcillas. La playa está delimitada por un litoral con acumulaciones arenosas. Según Moran [1985], el producto de la acción de las corrientes litorales, las mareas y el oleaje han trabajado los sedimentos deltaicos y dado lugar a la formación de barras y flechas.

Cabe señalar que Playa las Glorias está caracterizada por fuerte erosión que es generada por los efectos de los ciclones [Galán, 1988].

V.3 Hidrología y clima.

Sinaloa es uno de los estados que, para sus dimensiones, tiene un número considerable de presas, cuenta únicamente con dos Regiones Hidrográficas, una de ellas es la Región Sinaloa, la cual es la de mayor representatividad por el número de cuencas que comprende, así como por la superficie estatal [84.76%] que ocupan; y la del Río Presidio-San Pedro con tres cuencas que cubren 15.24% del sureste de la entidad y presentan varios cuerpos de agua; en la Cuenca Río Acaponeta se ubica la Laguna El Caimanero, en el Río Baluarte, la Presa Las Tortugas y el Río Presidio, que desemboca en el cuerpo de agua la Laguna Agua Grande.

Playa las Glorias se encuentra en una franja de transición climatológica entre climas de tipo semiseco, muy cálido y muy seco [Kóppen y García, 1997]. La temperatura media anual en los registros es de 24.2°C, con una máxima promedio anual de 32°C, siendo los meses más cálidos julio y agosto, y los meses más fríos, enero y febrero. En cuanto a la precipitación el promedio anual es de 459 mm, presentando el máximo de lluvias en los meses de agosto y septiembre y el mínimo de lluvias se presenta en los meses de abril y mayo. Los vientos dominantes provenientes del SE, son generalmente de tipo ciclónico y alcanzan velocidades hasta de 24 m s⁻¹ [86.4 Km hr⁻¹] [Fluviomarítima, 1992].

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

VI.1 Línea de costa.

Para poder comparar la línea de costa antes y después de la construcción del espigón, se capturaron imágenes del Google Earth, y fotos de 2006 proporcionadas por el Sr. Gustavo Miguel, las cuales se tomaron después de la construcción del espigón. En septiembre de 2009, se realizó un recorrido aéreo para registrar las diferencias de la línea de costa entre ambos muestreos.

En el primer contorno de la línea de costa se utilizaron los datos de contorno de playa realizados con GPS en una cuatrimoto, dicho vehículo circuló en Bajamar, en

forma aproximada a la línea del Nivel Medio del Mar. Se tomaron mediciones cada 2 segundos con el GPS GARMIN ETREX, capturando los datos y se grabaron en memoria. Se ordenaron y se organizaron en una hoja electrónica. Se instaló un software Blue Chart América v 8.5 y Garmin Map Source para descargar los datos del GPSMAP a la PC en un archivo de texto, el cual fue abierto por Excel como datos delimitados por espacios y transformado en una hoja de cálculo con toda la información organizada en columnas. Recuperados los datos en el sistema Map Source de Garmin, se elaboró una hoja electrónica para verificar y graficar las posiciones de los puntos en coordenadas UTM. Además se realizó el contorno de un mapa topográfico de 1994, proporcionado por INEGI, 2004, se escaneó garantizando todos los detalles y se traslapó con los datos de contorno obtenidos del trazo marcado con los puntos con GPS realizado en la cuadrimoto, comparándolos para medir las variaciones de la línea de playa.

Posteriormente se consiguieron las imágenes de satélite del Landsat 7, de los años 1999, 2003, 2008 y 2010, con la finalidad de realizar un análisis comparativo entre las imágenes para posteriormente proceder a la evaluación de la zona costera antes, durante y después de la construcción del espigón. A través de las imágenes de satélite, se trazaron las líneas de costa, diferenciando la imagen pancromática. Posteriormente con el programa IDRISI 32 se delimitó el área de estudio y se georeferenció, posteriormente se convirtieron a imagen bitmap [BMP] y se exportaron como imagen al programa Autocad 2008, se colocó una imagen en cada capa, se georeferenciaron y se ubicaron a la misma escala, para después delinear las líneas de costa de cada una. Posteriormente se obtuvieron áreas de erosión y sedimentación por períodos de tiempo transcurridos entre cada imagen comparada.

V. RESULTADOS

VII.1 Cambios de línea de costa

La evolución de un tramo costero es el resultado del comportamiento de su dinámica litoral, ésta se concreta principalmente a la circulación de los sedimentos existentes en la franja costera provocado por la acción conjunta de los diversos agentes climáticos como: el oleaje, los vientos y las corrientes que transportan los sedimentos y los mantienen en movimiento; bien a lo largo de la zona costera debido a la incidencia

oblicua del oleaje [transporte longitudinal], como normal a la línea de costa conformando los diversos perfiles de playa [transporte transversal], existiendo también el transporte eólico que es el causante del movimiento de las arenas, conformando las áreas de dunas.

El contorno [línea roja] fue trazado usando una cuadrimoto en el mes de noviembre de 2009 y marcando los puntos con un GPS portátil [Garmin Etrex], cada dos segundos; los datos fueron grabados en memoria y descargados por un interfase a través de puerto USB a una Lap Top. Se subieron a Excel y se importaron a Autocad para ubicarlos en la imagen georeferenciada [Figura 2]. Como parte complementaria, a partir de una imagen de INEGI de 1994, se obtuvo su contorno y se traslaparon los registros del GPS obtenidos con la cuadrimoto [Figura 3].



Figura 2. Contorno de playa [línea roja] La Bocanita y playa Las Glorias. Fondo Imagen de satélite del 2005.

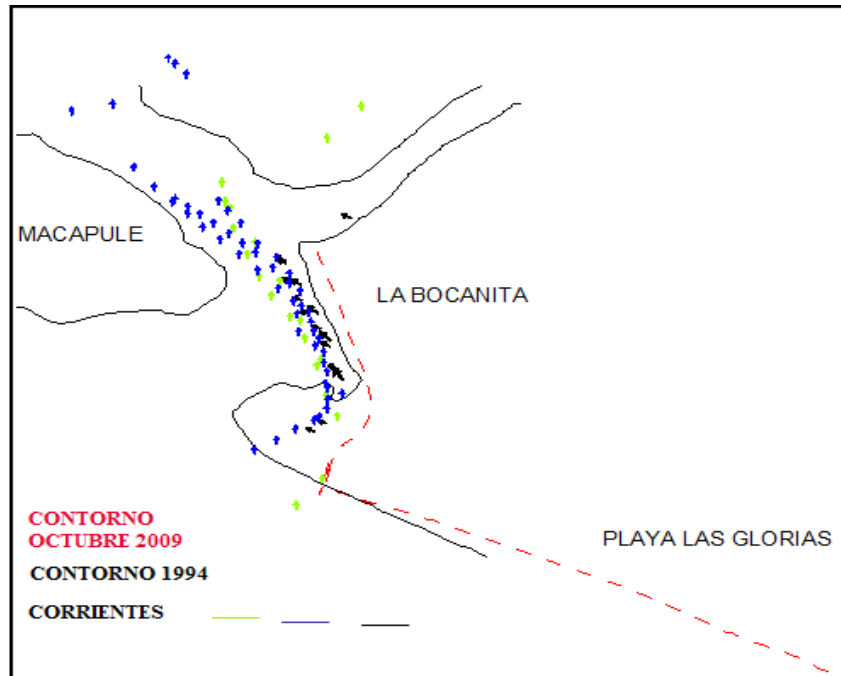


Figura 3. Contorno de playa 1994 (en color negro) y en octubre de 2009 (en línea segmentada en rojo).

VII.6.1 Imágenes de satélite

A través de las imágenes de satélite de los años 1999, 2003, 2008 y 2010, obtenidas en el sistema Landsat 7, se trazaron las líneas de costa, diferenciando la imagen pancromática. Posteriormente con el programa IDRISI 32 se delimitó el área de estudio y se georeferenció, posteriormente se convirtieron a imagen bitmap [BMP] y se exportaron como imagen al programa Autocad 2008 en el cual se trazó la línea de costa de cada una de las imágenes, para compararlas entre si y observar el cambio de la línea de costa desde antes y después de la construcción de las escolleras, asimismo antes y después de la construcción del espigón [Figuras 4-10].

En la figura 11 se muestra la línea de costa para el año 1999 y la línea de costa 2003 sobrepuesta. Se puede observar que en playa Las Glorias hay una gran erosión a lo largo de toda la playa, siendo mayor el área de erosión hacia la construcción del espigón de aproximadamente 1316 m². La línea de costa tuvo una variación promedio [erosión] de 39.56 metros lineales, perpendiculares a la línea de playa, con una tasa promedio de erosión de 7.9 m año⁻¹. Mientras que en la Bocanita hay un área de acreción

de aproximadamente 700 m² y una variación promedio en la línea de costa [acreción] de 176.6 metros lineales y una tasa promedio de acreción de 35.3 m año⁻¹. En cuanto a la Isla Macapule se observó un área de acreción hacia el sureste de 1230 m² y una variación promedio de la línea de costa [acreción] de 143 metros lineales y una tasa promedio de acreción de 28.6 m año⁻¹.

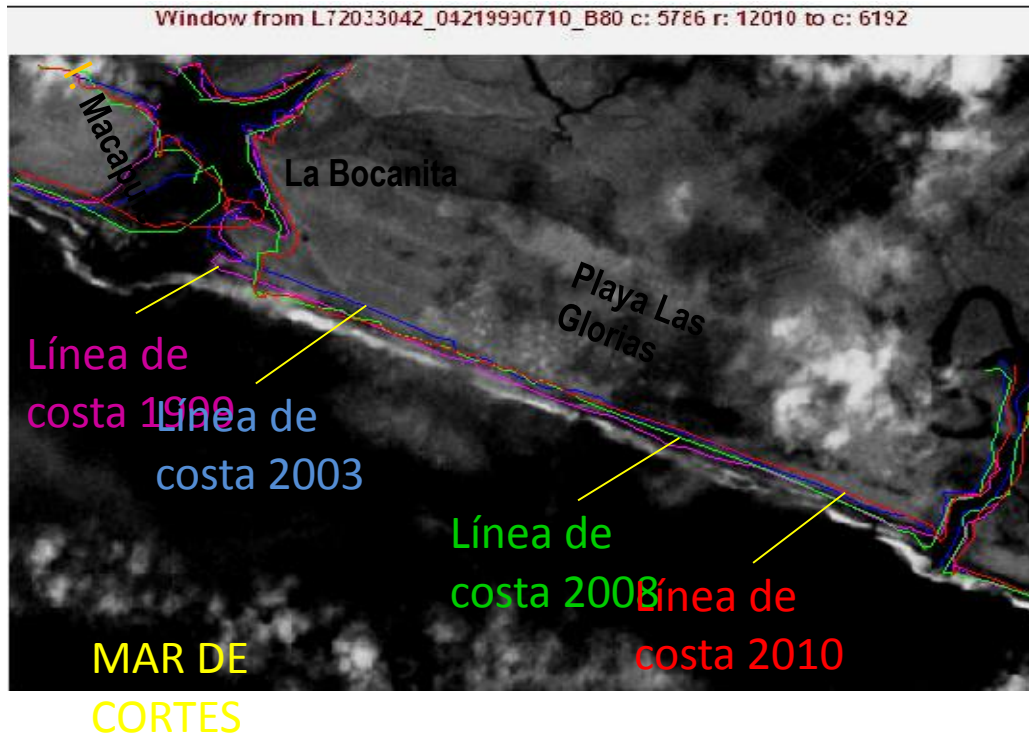


Figura 4. Traslape de líneas de costa para los años 1999, 2003, 2008 y 2010.



Figura 5. Traslape de Líneas de costa para el año 1999-2003.



Figura 6. Traslape de líneas de costa para el año 2003-2008.

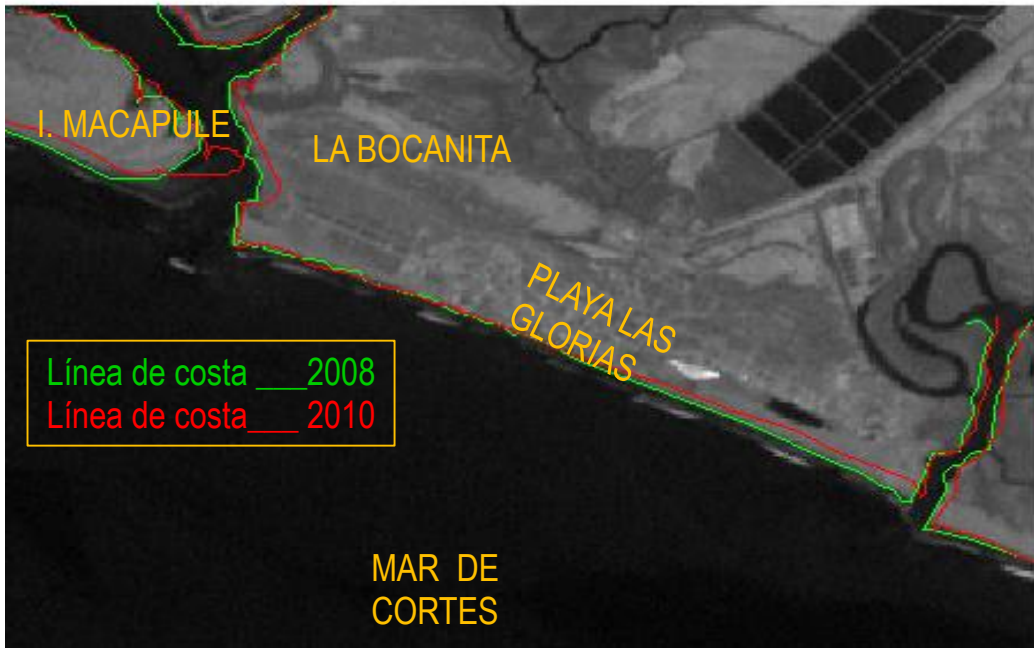


Figura 7. Traslape de líneas de costa para los años 2008-2010.

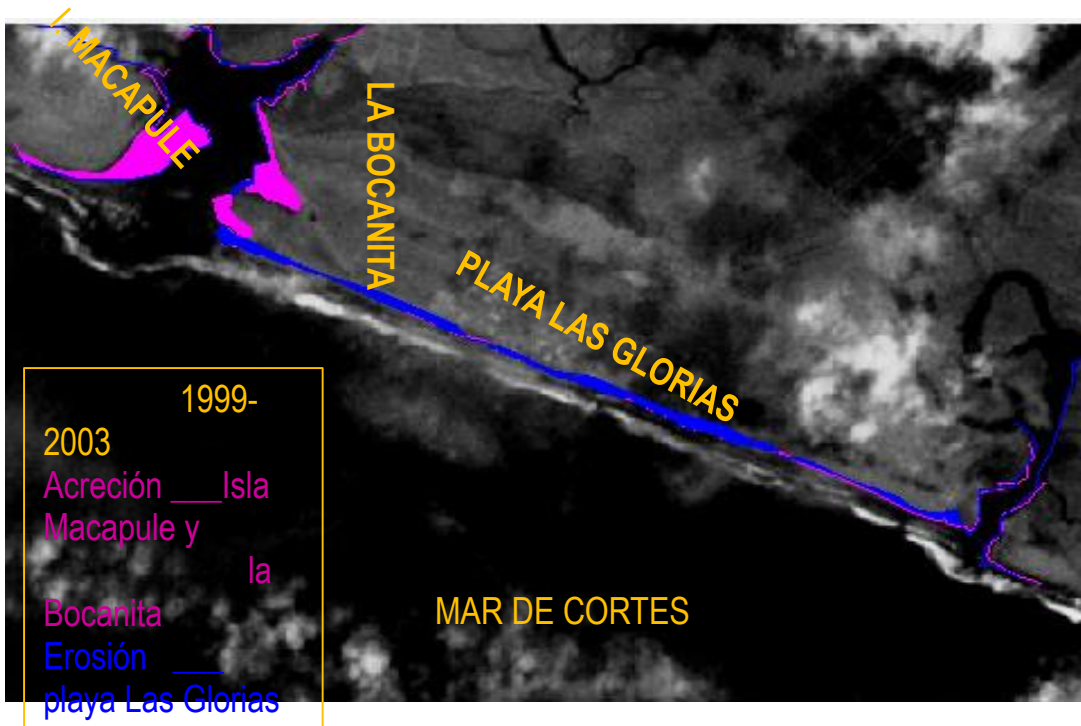


Figura 8. Erosión- Acreción en la I. Macapule, Bocanita y playa Las Glorias 1999-2003.

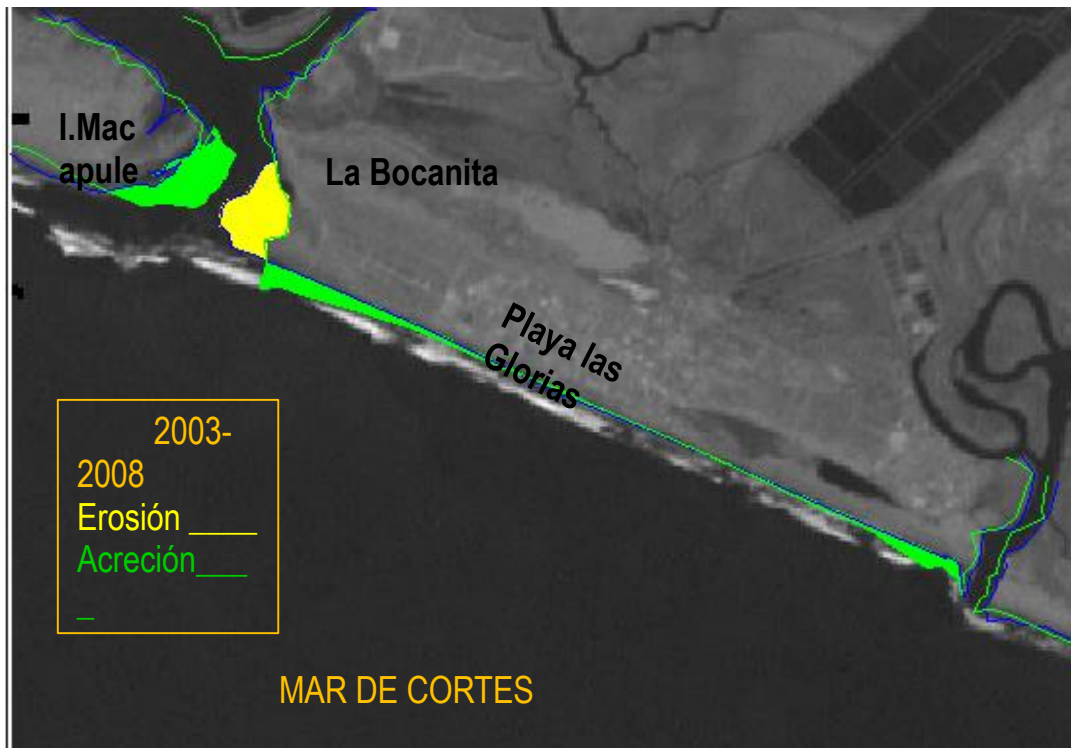


Figura 9. Erosión- Acreción en la I. Macapule, Bocanita y playa Las Glorias 2003-2008.

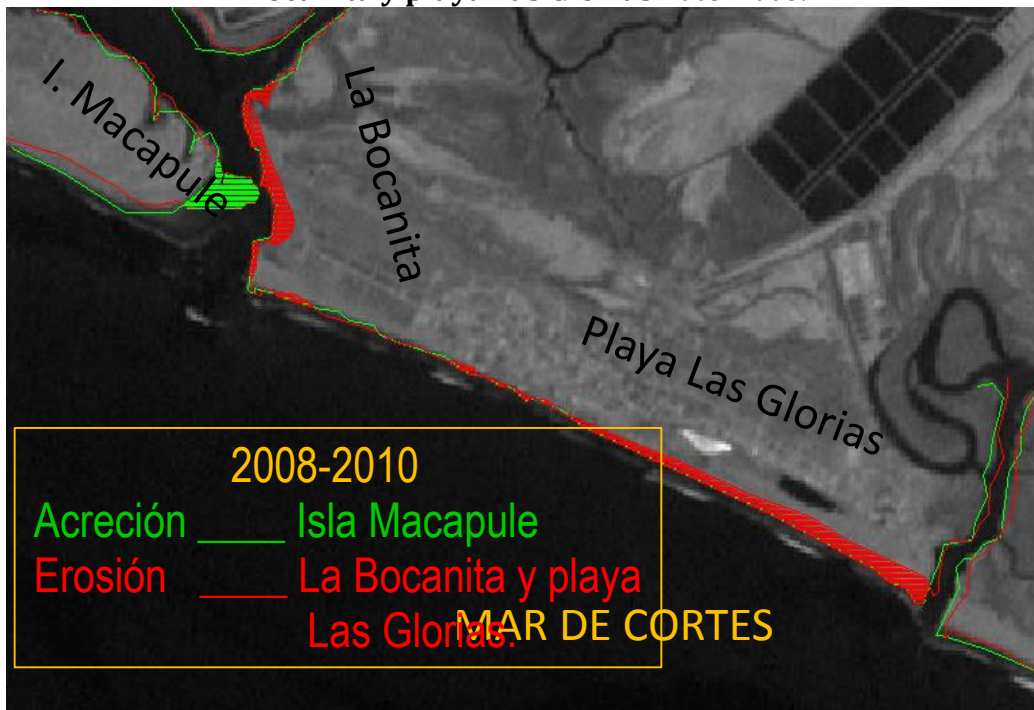


Figura 10. Erosión- Acreción en la I. Macapule, Bocanita y playa Las Glorias c) 2008-2010.

En la figura 9, se observa en el kilómetro 1.5 a partir de la construcción del espigón una pequeña acreción de 917.29 m², disminuyendo hacia el sur e inicia la erosión en el kilómetro siguiente para continuar con otra acreción cerca de las escolleras de 552 m². La Bocanita cuenta con un área de erosión de 1350.02 m² hacia la zona de dunas y un desplazamiento promedio [erosión] de la línea de costa de 289.92 m lineales y una tasa promedio de erosión de 48.32 m año⁻¹. En cuanto a la I. Macapule, presenta un área de crecimiento de 1692.9 m² hacia el sureste de la Bocanita y un desplazamiento [retroceso] promedio de la línea de costa de 203.05 metros lineales, resultando una tasa promedio de erosión de 33.84 m año⁻¹.

La digitalización de la imagen 2008-2010 [Figura 10], mostró en playa Las Glorias un desplazamiento de la línea de costa negativo por lo tanto una fuerte erosión a partir de los 2.35 kilómetros, el área aproximada de erosión fue de 1305.79 m², acentuándose a medida que se aleja del espigón y acercándose a las escolleras, el desplazamiento de la línea de costa o erosión con un promedio de 75.5 metros lineales, perpendiculares a la playa, resultando una tasa promedio de erosión de 25.1 m año⁻¹. De igual manera en donde se encuentran las construcciones en unos 600 metros tiene un comportamiento de erosión muy variado. La Bocanita presenta un área de erosión de 545.41 m² y un desplazamiento promedio de la línea de costa o erosión de 70.4 metros lineales, con una tasa promedio de erosión de 23.6 m año⁻¹, hacia la zona de dunas. La I. Macapule presenta un área de acreción de 469.41m² y un desplazamiento de la línea de costa o acreción promedio de 317 metros lineales, perpendiculares a la playa, formando una tasa promedio de acreción de 105.6 m año⁻¹ hacia el sureste de la Bocanita [Tabla 1].

Tabla 1. Área, volumen y promedios de Erosión – Acreción de Playa las Glorias, La Bocanita e I. Macapule.

PERIODO	LUGAR	ÁREA [m ²]	PROMEDIO DE EROSIÓN [E]-ACRECIÓN [A] [m año ⁻¹]
1999-2003	La Bocanita	700.00 [A]	35.3 [A]
	I. Macapule	1230.31[A]	28.6 [A]
	Las Glorias	1317.3 [E]	7.9 [E]
2003-2008	La Bocanita	1350.29 E]	48.3 [E]
	I. Macapule	1692.9 [A]	33.8 [A]
	Las Glorias	1469.3 [A]	8.42 [A]
2008-2010	La Bocanita	545.5 [E]	23.6 [E]
	I. Macapule	525.72 [A]	105.6 [A]
	Las Glorias	1305.79 [E]	25.1 [E]

VIII. DISCUSIÓN

En los resultados del tratamiento de los datos de las líneas de costa en los años 1999 al 2003 se puede apreciar en Playa Las Glorias la erosión a lo largo de toda la playa, de 39.5 metros lineales transversales a la costa y un promedio de 7.9 m año⁻¹, mientras que en la Isla Macapule una abundante acreción de 28.6 m año⁻¹ y un desplazamiento de línea de playa de 143 metros lineales al igual que en la Bocanita de 35.3 m año⁻¹ y un desplazamiento de 176.6 metros lineales. Fue hasta 2006 que se construyó el espigón entre playa Las Glorias y La Bocanita.

En el periodo 2003 al 2008 en playa las Glorias se observó acreción y erosión a todo lo largo de la línea de playa sobre todo erosión en la zona de construcciones. En la Isla Macapule se presentó acreción de 33.84 m año⁻¹ y un desplazamiento de la línea de costa de 203 metros lineales y en la Bocanita una gran erosión de 48.32 m año⁻¹ y un desplazamiento de 289.9 metros lineales.

En los años de 2008 al 2010 playa Las Glorias mostró mayor erosión a todo lo largo de la línea costera de 25.1 m año^{-1} y un desplazamiento de 75.5 metros lineales. La Isla Macapule tuvo un crecimiento hacia el SE de la Bocanita de 105.6 m año^{-1} y un desplazamiento de la línea de costa de 317 metros lineales.

En resumen, se puede decir que el comportamiento de la zona litoral de playa las Glorias es inestable en cuanto a su dinámica litoral causado probablemente por la construcción del espigón en el 2006. En el caso de la Bocanita este comportamiento de erosión es mucho más severo ya que la erosión es constante provocando que el área de dunas al este de la Bocanita desaparezca y en la Isla Macapule se acumulen sedimentos litogénicos, evidenciando que a pesar de estas transformaciones, todavía el sistema es capaz de equilibrar el flujo sedimentario en un crecimiento constante de la Isla hacia el SE de la Bocanita. En el 2010 en ésta zona se logró alcanzar una erosión de 105.6 m año^{-1} y un desplazamiento negativo de la línea costera de 317 metros lineales, trayendo consigo graves problemas para la circulación de la corriente del canal de navegación, ocasionando un cambio en su dirección y provocando erosión en el área de dunas. La franja costera de Playa Las Glorias, La Bocanita e Isla Macapule también se ve severamente afectada cuando la playa está sujeta a procesos destructivos asociados a eventos extremos de tormenta. Estos eventos se observan principalmente durante los inviernos generando oleaje de alta energía el cual, cuando se combina con marea alta y sobreelevación del nivel del mar por la presencia de olas, llegan a producir cambios morfológicos sustanciales en la playa arenosa. Los registros muestran el paso de sistemas de oleaje de tormenta y depresiones tropicales entre 1999 y 2009 que pudieron haber tenido un efecto en la infraestructura costera, en la morfología del perfil de playa y en la línea de costa [Tabla 2].

Tabla 2. Huracanes que impactaron en el estado de Sinaloa entre 1999-2009.

NOMBRE	FECHA	CATEGORÍA	LUGAR DE ENTRADA A TIERRA	VIENTOS MÁXIMOS [Km/Hr]
Greg	08/09/1999	H1	Topolobampo, Sinaloa	120
Norman	22/09/2000	DT	Mazatlán, Sinaloa	55
Nora	08/10/2003	DT	La Cruz de Elota, Sinaloa	45
DT-16E	28/10/2004	DT	Mocorito, Sinaloa	55
Lane	16/09/2006	TT	Cruz de Elota, Sinaloa	120
Norbert	11/10/2008	TT	Sur de la <u>península de Baja California</u> y los estados de <u>Sonora y Sinaloa</u>	10

DT: Depresión Tropical [velocidad del viento mayor de 62 km/hr]

TT: Tormenta Tropical [velocidad del viento 63-118 km/hr]

H1: Velocidad del viento 119-153 km/hr, oleaje 1.2-1.5m, presión central 980 mbar.

IX. CONCLUSIONES

- ❖ Las líneas de costa de los años 1999-2003 sugieren erosión en playa Las Glorias, mientras que la Bocanita y Macapule hubo acreción. En el 2003-2008 y 2008-2010, muestran un comportamiento muy inestable evidenciando que en la Isla Macapule hay crecimiento constante, provocando que el canal de navegación cambie de dirección y al mismo tiempo ocasionando que la Bocanita se erosione de manera severa afectando fuertemente la zona de dunas frente a la Bocanita. En cuanto al comportamiento de la franja costera de Playa las Glorias mostró acumulación al norte cerca del espigón, disminuyendo hacia el sur, siendo mayor la erosión en los años del 2008 al 2010.

X. BIBLIOGRAFÍA

- ❖ **Abadie, S.M., Briere., C. Dubranna, J., Maron, P. y Rihouey, D., 2008.** Erosion generated by wave induced currents in the vicinity of a jetty: case study of the relationship between the Adour River mouth and Anglet beach, France. *Journal of Coastal Research*,24(1): 59–69.
- ❖ **Carsen, A. Gómez, M., Himschoot, P., Lasta, C., Oribe Stemmer, J., Perdomo, A., y Roche, H., 2004.** Análisis Diagnóstico Transfronterizo del Río de la Plata y su Frente Marítimo. FREPLATA. Documento Técnico. PNUD/GEf/ RLA/ 99/G31. 40p.
- ❖ **CNA, 2006.** *Ciclones* <http://smn.cna.gob.mx>
- ❖ **CNA, 2009.** *Huracanes* <http://smn.cna.gob.mx>
- ❖ **COASTAL EROSION MANAGEMENT MANUAL, 2003.** Your response to the problem 5:23-50.
- ❖ **Comisión Europea, 2005.** Vivir con la erosión costera en Europa – Sedimentos y Espacio para la Sostenibilidad Luxemburgo: Oficina para las Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. 40 p.
- ❖ **Consultores Ingeniería Fluviomarítima S.A., 1992.** Definición del Plan Maestro del Desarrollo Turístico Las Glorias, Sinaloa. FONATUR, México D.F. 155 p.
- ❖ **Consejo EAW., 2003.** Consejo de la Unión Europea, 30p.
- ❖ **De la Peña Olivas, J. M., Sánchez Palomar, F.J., 2008.** Erosión Costera. (Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX-Ministerio de Fomento) CIMBRA / N° 380 /MEDIO AMBIENTE. 30p.
- ❖ **EUROSIÓN, 2005.** Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de la Comunidades Europeas, ISBN 92-894-9918-4. 40p.
- ❖ **Frihy, O.E., Shreet, S.M., y Elbanna, M.M., 2008.** Pattern of Beach Erosion and Scour Depth along the Rosetta Promontory and their Effect on the Existing Protection Works, Nile Delta, Egypt, 24 (4): 857-866.
- ❖ **Gomáriz-Castillo, F.J., Alonso-Sarria, F., 2008.** Introducción a la utilización del programa IDRISI 2.0 para Windows. Manual.

- ❖ **González-Ruelas, M. E., Navarro-Rodríguez, M.C., Carrillo González., F.M González Guevara, F.M. y Flores Vargas, R., 2005.** Espigones en Bahía de Banderas, Jalisco. México *Aleph Zero* 40. Centro Universitario de la Costa, Campus Vallarta, Departamento de Ciencias, Universidad de Guadalajara, Av. Universidad, No. 203 Delegación Ixtapa, Puerto Vallarta C.P. 48280, Jalisco, México.
- ❖ **Hattersley, R.T., Foster D.N., 2003.** Problems of Beach erosion some solutions. Australian Civil Engineering. **Water Research Laboratory. The University of New South Wales. Sydney. Australia. 9:120-171.**
- ❖ **Hsu, Tai-Wen-Wen, Tseng, Yo-I-Fan, Lin, TA-Ta-Yuan, Espinilla, Chih-Yung y Ou, Shan-Hwei-Hwei., 2008.** Review of Countermeasures against Beach Erosion on the Taiwanese Coast, *Coastal Management*, 36:274–293. Copyright © Taylor & Francis Group, LLC.
- ❖ **INEGI, 2001.** Carta Topográfica, Tamazula, Guasave, Sinaloa G12-D38, vuelo enero de 1994, Escala 1:50000.
- ❖ **INEGI, 2005.** Estaciones Meteorológicas.
- ❖ **Koppen y García, 1997.** Clima.
- ❖ http://www.conabio.gob.mx/institucional/conabio_espanol/doctos/f047.html.
- ❖ **Morán, Z. D. Corona E., S. Reyes, 1985.** Geología de la República Mexicana SPP. INEGI, UNAM, Facultad de Ingeniería. CRM. **Mexicana** pp.305-326.
- ❖ **Palmadita Doody de J., 2002.** Protecting the Coast - Myth & Magic. Littoral, The Changing Coast. EUROCOAST / EUCC, Porto – Portugal. Ed. EUROCOAST. pp. 71-76.
- ❖ **Salles Afonso de Almeida, P., Silva Casarín, R., 2004.** Protección Costera, Instituto de Ingeniería, UNAM. 13 infraestructura costera. pp. 179-189.
- ❖ **UNESCO, CSI., 2008.** Determinación del impacto de estructuras costeras Ambiente y Desarrollo en Regiones Costeras y en Pequeñas Islas Ourcebooks Costeros.
<http://www.unesco.org/csi/pub/source/ero18.htm>