



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,
Volumen 9, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6

MODIFICACIONES EN LA LÍNEA DE COSTA DEL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE, MÉXICO

MODIFICATIONS TO THE COASTLINE OF THE LAGUNA DE TÉRMINOS FLORA AND FAUNA PROTECTION AREA, CAMPECHE, MEXICO

Juan Gabriel Flores Trujillo

Universidad Autonoma del Carmen, Facultad de Ingeniería, México

Marisol Escorza Reyes

Universidad Autonoma del Carmen, Facultad de Química, México

Julio Alberto Pavón Moreno

Universidad Autonoma del Carmen, Facultad de Ingeniería, México

Nancy Pérez Morga

Universidad Autonoma del Carmen, Facultad de Ingeniería, México

Emiliano Alberto Alamilla Pérez

Trabajador independiente, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6.21561

Modificaciones en la línea de costa del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos, Campeche, México

Juan Gabriel Flores Trujillo¹gflores@pampano.unacar.mx<https://orcid.org/0000-0002-6221-216X>

Universidad Autónoma del Carmen, Facultad de Ingeniería, México

Marisol Escorza Reyesmescorza@pampano.unacar.mx<https://orcid.org/0000-0002-7289-1004>

Universidad Autónoma del Carmen, Facultad de Química, México

Julio Alberto Pavón Morenoapavon@pampano.unacar.mx<https://orcid.org/0009-0004-9576-5547>

Universidad Autónoma del Carmen, Facultad de Ingeniería, México

Nancy Pérez Morganperez@pampano.unacar.mx<https://orcid.org/0000-0002-7834-3631>

Universidad Autónoma del Carmen, Facultad de Ingeniería, México

Emiliano Alberto Alamilla Pérezemilianoalberto2009@hotmail.com<https://orcid.org/0009-0001-0448-5231>

Trabajador independiente, México

RESUMEN

Las zonas costeras son particularmente vulnerables a la erosión e inundación en el contexto del cambio climático, aunado a la modificación por cambio de uso de suelo en la zona costera y al saqueo de material pétreo para construcción o relleno. En la zona costera del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos, Campeche, México (APFFLT), se evaluaron las tasas de erosión/acreción en siete distintas localidades entre los años de 2005 hasta 2022, utilizando una serie de imágenes satelitales de demanda libre, utilizando el método de la comparación de la posición de las líneas de costa en cada una de las localidades evaluadas. Los resultados obtenidos muestran que los sitios estudiados reflejan procesos de erosión en la región oriental costera y una acreción en la región occidental del área costera del APFFLT; las áreas con mayor erosión fueron Nohan y Escollera Sabancuy con tasas de 20 m/año y 2.5 m/año, respectivamente. Aunque el impacto a la zona costera por acción del aumento del nivel medio del mar en el contexto del cambio climático, las áreas impactadas en el presente estudio reflejan además el impacto por falta de buenas prácticas en el desarrollo económico de las zonas costeras

Palabras clave: laguna de términos, campeche, zona costera, cambio climático, erosión-acreción

¹ Autor principal

Correspondencia: gflores@pampano.unacar.mx

Modifications to the Coastline of the Laguna de Términos Flora and Fauna Protection Area, Campeche, Mexico

ABSTRACT

Coastal zones are particularly vulnerable to erosion and flooding in the context of climate change, compounded by land-use change and the extraction of stone for construction or landfill. In the coastal zone of the Laguna de Términos Flora and Fauna Protection Area (APFFLT), Campeche, Mexico, erosion/accretion rates were evaluated at seven different locations between 2005 and 2022 using a series of freely available satellite images. The method used was to compare the position of the shoreline at each of the evaluated locations. The results show that the studied sites reflect erosion processes in the eastern coastal region and accretion in the western region of the APFFLT coastal area. The areas with the greatest erosion were Nohan and Escollera Sabancuy, with rates of 20 m/year and 2.5 m/year, respectively. Although the coastal zone is impacted by the rise in average sea level in the context of climate change, the areas impacted in this study also reflect the impact of a lack of good practices in the economic development of coastal areas

Keywords: Laguna de Términos, Campeche, coastal zones, climate change, erosion-accretion

Artículo recibido 8 noviembre 2025

Aceptado para publicación: 15 diciembre 2025



INTRODUCCIÓN

El aumento del nivel del mar es cada vez mayor y las zonas costeras destacan entre las más vulnerables a la erosión e inundación (Bernatchez et al., 2011), por su topografía baja (IPCC, 2012) y mayor densidad de población (Islam et al., 2015), en comparación con el interior de los continentes (Andrade et al., 2004). En lugares donde el ambiente costero es adyacente a manglares u otros humedales, es posible que las comunidades naturales puedan migrar tierra adentro al ritmo de la elevación de las aguas; pero si la migración no es posible, como ocurre con diferentes macrófitos, ese hábitat morirá al ser inundado a un ritmo mayor a su tolerancia adaptativa a las inundaciones, dejando la zona costera expuesta a los efectos de los huracanes (Day et al., 2008).

La laguna de términos se localiza al sur del golfo de México, en la región de la península de Yucatán. Tiene una longitud aproximada de 70 *km* y una amplitud de 26 *km*, esta laguna se limita por la Isla del Carmen de aproximadamente 38 *km* de largo y 2.5 *km* de ancho. De tal forma que la laguna tiene conexión con el mar, mediante dos grandes canales o dos bocas una en la parte oeste de la isla llamada “Del Carmen” y en la parte este de la isla llamada “Puerto Real” con una longitud de 4 y 3.3 *km* respectivamente. La relevancia económica y los atributos ambientales que guarda esta región permitió ser decretada como Área Natural Protegida bajo el nombre de “Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos” (APFFLT) el 6 de junio de 1994, con el objetivo de proteger los ecosistemas presentes y desarrollar un modelo sustentable ante las actividades económicas que se realizan en la zona (Yáñez-Arancibia y Day, 2010).

El sistema lagunar se separa en la zona occidental que recibe la mayor proporción de las descargas de los ríos alrededor del 75% y un aporte de sedimentos lodosos y compuesta por manglares del tipo ribereño bien desarrollados y altos; y la zona oriental reciben una cantidad menor del 15% de las descargas de agua dulce donde predominan los sedimentos calcáreos y manglares del tipo ribereño (Bach et al., 2005; Jupin et al., 2021). La producción de las raíces subterráneas en los manglares contribuye a la formación de la turba, y son la acumulación de raíces vivas y muertas quienes mayor contribuyen en la elevación del suelo (Krauss et al., 2013). Además, se ha establecido claramente que los manglares tienen una contribución significativa en la captura subterránea de carbono a través de las raíces finas (Chmura et al., 2003; Alongi, 2014).



La temporada de huracanes del año 1995 en el Golfo de México, es recordado principalmente por el Huracán “Roxanne”, que provocó daños severos a lo largo de la costa del sureste del país-ocasionando pérdidas de vida y daños materiales. De igual manera se presentó una serie de alteraciones en la morfología de la costa sur del Golfo de México, dichos cambios son claramente manifiestos en particularidad en la costa marina de Isla del Carmen (Palacio et al.,1999). La Isla del Carmen es una barrera constituida por depósitos arenosos cuaternarios que muestran una disposición en cordones longitudinales paralelos a la línea de costa localmente truncados. De forma que se refleja una acreción constante a lo largo del tiempo, las cuales son interrumpidas por periodos de erosión (Yáñez, 1971). Estos cambios geomorfológicos de la Isla se interpretan con base a mapas de los siglos XVIII y XIX (Figura 1), en donde dichos materiales cartográficos fueron recuperados (Antochiw, 1994), de forma que la barra en un comienzo se encontraba en un rosario de pequeñas islas separadas por bocas y canales intermareales (Palacio et al., 1999).

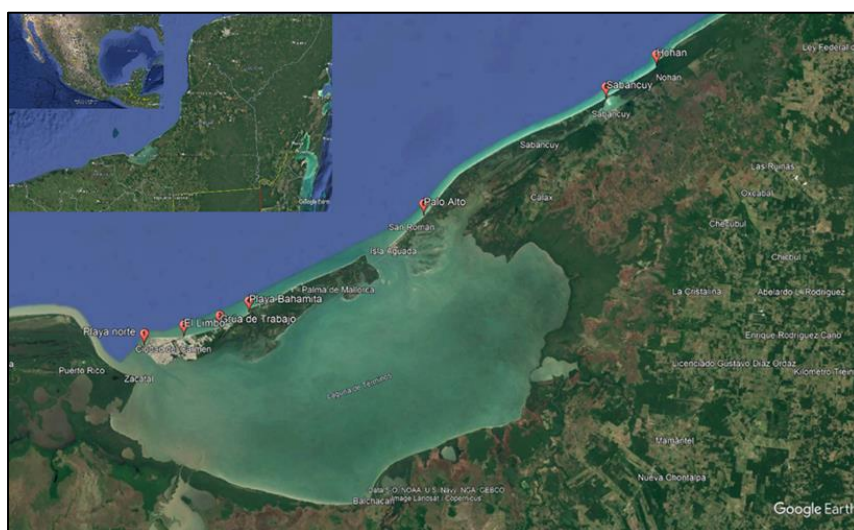
La laguna de Términos ha sido modificada de forma sustancial a lo largo del siglo XX por la actividad humana, en particular por la industria camaronera (a partir de la década de 1950) y petrolera (a partir de la década de 1970). El objetivo del presente trabajo es mostrar las modificaciones de la línea de costa en el APFFLT Campeche, en el pasado reciente y haciendo énfasis en áreas de erosión y acreción.

METODOLOGÍA

Para la realización del presente trabajo se obtuvieron imágenes satelitales de acceso libre en la plataforma de Google Earth. La comparación de la posición de líneas de costas entre los años 2005 y 2022, se realizó en función del historial de tiempo que tuvo la plataforma satelital y se capturaron imágenes, dependiendo de la disponibilidad para cada localidad, con diferencia de seis meses o anual y donde los cambios son significativos (Boak y Turner, 2005). Se realizó la captura de imágenes en siete localidades las cuales fueron denominadas: 1, Playa Norte; 2, Playa el Limbo; 3, Grúa de trabajo; 4, Playa Bahamita; 5, Palo alto; 6, Escollera Sabancuy; y 7, Nohan que se encuentran en el APFFLT (Figura 1). La línea de costa es establecida por interpretación de las imágenes de acuerdo con Ojeda (2001) y tomando infraestructura fija (Boak y Turner,2005; Moore,2012). Todas las técnicas de detección de costas se han basado en la interpretación observacional y con herramientas del software (List y Farris, 1999).



Figura 1. área de estudio y puntos de muestreo



Para cada localidad se trazaron seis transectos de forma paralela (excepto la localidad de Nohan), con una separación aproximada de 100 m para cubrir un total aproximado de 500 metros de costa (Figura 2). A partir de estos transectos se obtuvieron sets de datos los cuales se usaron para calcular el envolvente de cambio de la línea de costa (Shoreline Change Envelope; SCE), el cual representa el cambio total de los movimientos en la línea de costa sin importar el año de cada línea de costa, es decir que por cada transecto se calculaba la distancia que había entre el mayor valor con el de menor valor en metros. También se obtuvo el movimiento neto de la línea de costa (Net Shoreline Movement; NSM), aquí si se tomaba en cuenta el año, ya que es la distancia entre la línea de costa más antigua con la más reciente. Y por último se obtuvo la tasa de punto final (End Point Rate; EPR) el cual es el valor que se obtuvo de NSM dividido entre el periodo de estudio (Thieler et al., 2005), este último se considera que valores negativos representan erosión y valores positivos acreción en metros al año (m/a).

Figura 2. transectos en cada playa observada

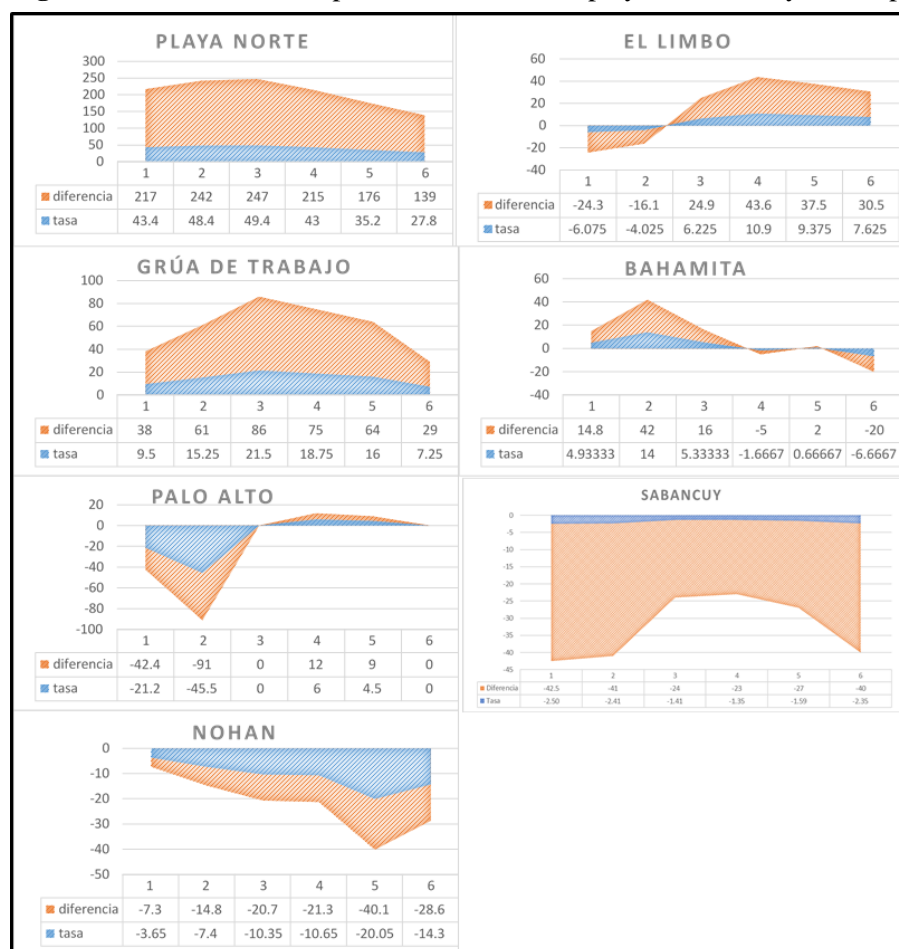


RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Playa Norte se observa el registro de longitudes de los seis transectos realizados a lo largo de aproximadamente 500 m de costa, teniendo registro de seis años del 2017 al 2022 (Figura 3). Esta zona presenta altas tasas de acumulación de sedimento, siendo los transectos 2 y 3 los más altos superando los 48 m/a mientras que los valores más bajos están en la zona oeste, en los transectos 5 y 6, valores que oscilan entre los 27 y 35 m/a. Siendo casi iguales los transectos 1 y 3 que rondan los 43 m/a. Esta zona de playa norte en los últimos 6 años ha presentado un aumento en su línea de costa.

En Playa el Limbo se observa el registro de longitudes de los seis transectos realizados a lo largo de aproximadamente 500 m de costa, teniendo registro de seis años del 2017 al 2022 (Figura 3). La variación en los seis transectos se ven reflejados en los ocho periodos en el que se obtuvo registro, de enero del 2017 a enero del 2022 han presentado los mismos valores.

Figura 3. erosión/acreción por transecto en cada playa observada y la tasa para cada caso



Grúa de trabajo se observa el registro de longitudes de los seis transectos realizados a lo largo de aproximadamente 500 m de costa en la región, teniendo captura de cinco años del 2018 al 2022



(Figura 3). Se aprecia que toda esta zona ha presentado acumulación de sedimentos siendo la más notoria en el transecto 3, mayor a 20 m/a, mientras que los valores más bajos se presentan en los extremos, es decir en los transectos 1 y 6, ambos por debajo de los 10 m/a; Los transectos 2,4 y 5 presentan valores que oscilan entre los 15 y 19 m/a. Todos presentan tasas importantes de acumulación de sedimentos.

En Playa Bahamita se observa el registro de longitudes de los seis transectos realizados a lo largo de aproximadamente 500 m de costa, teniendo registro de un periodo de cuatro años del 2018 al 2021 (Figura 3). Vemos que la zona oriental presenta acreción en los tres primeros transectos, siendo el transecto 2 el punto mayor; caso contrario en la zona occidental donde presentan una tasa de erosión, para el caso del transecto 5 una acumulación muy baja de sedimentos menor de 1 m/a. La zona más afectada es el transecto 6 con un valor de -6.6 m/a. De forma que su mayor concentración de sedimento está en el transecto 2 y su mayor pérdida en el transecto 6.

En playa Palo Alto se observó el registro de longitudes de los seis transectos realizados a lo largo de aproximadamente 500 m de costa, en un periodo de dos años 2019 y 2021 (Figura 3). La erosión más alta se observó en el transecto 2, es decir, en la parte oeste de la zona, alcanzando un promedio de -45.5 m/a; le sigue el transecto 1 que presenta una pérdida menor de la mitad del segundo transecto; en donde se presenta depósito es en los transectos 4 y 5, con unos valores muy bajos pero que representan acumulación de sedimentos 6 y 4.5 m/a respectivamente; y en donde se mantiene estable es en el transecto 3 y 6 en donde no ha perdido ni ganado sedimento.

En playa Escollera Sabancuy se realizó la observación de seis transectos realizados a lo largo de aproximadamente 500 m de costa, en un periodo de tres años que van del 2005 al 2022 (Figura 3). En los seis transectos se observa proceso erosivo con 23 a 43 metros, los transectos 1, 2 y 6 son los que mayor erosión presentan con más de 40 metros y tasa mayor a 2.3 m/a.

En Playa Nohan se realizó la observación de seis transectos realizados a lo largo de aproximadamente 500 m de costa, en un periodo de tres años que van del 2019 al 2021 (Figura 3). Esta localidad presenta un retroceso en su línea de costa, la erosión más alta está presente en el transecto 5, es decir, en la parte oriental del área, alcanzando un promedio de -20.5 m/a; de igual forma el transecto 6 es el segundo valor más alto de erosión.



Caso contrario en la zona oeste de la costa en donde los transectos 1 y 2, presentan valores bajos con -3.65 y -7.4 m/a respectivamente; en la zona media presenta una erosión similar en donde están presentes los transectos 3 y 4.

Geomorfológicamente las seis localidades estudiadas se encuentran sobre una larga Barrera arenosa y que deja un corredor lagunar interno y que caracteriza la ecología del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos (APFFLT). La Barra Arenosa tiene aproximadamente 135 km de largo y va desde la localidad de Nohan y se extiende hasta Isla Aguada en la región oriental, la región central con la Isla del Carmen y la región occidental desde el Zacatal hasta San Antonio Cárdenas; las tres regiones dentro de la zona costera del APFFLT.

En general se considera en la interpretación de los resultados que se presenta acreción o erosión dependiendo de la localidad, esos cambios son originados mayoritariamente por el impacto de estructuras colocadas en la costa, desde la carretera, hasta la presencia de barcos encallados; posiblemente estas observaciones no permiten definir claramente los impactos al aumento del nivel medio del mar, derivado al Cambio Climático (Bolongaro Crevenna Recaséns et al., 2010).

La carretera Champotón a Ciudad del Carmen fue construida sobre el área de dunas en la región oriental y central de la barra arenosa costera del APFFLT, lo que ha generado distintos impactos ambientales al modificar los ecosistemas costeros y lagunares (Cordova-Osorio, 2020; Machorro-Román et al., 2020); en la actualidad gran parte de la carreta ha sido protegida con gaviones de roca, por erosión costera, lo que también trae impactos fuertes en la variación composicional sedimentaria en las playas de anidación de tortugas marinas (Montero-Flores, 2019), entre otros impactos. La estación Bahamita y su paleo-delta Cocoyoles y la estación Palo Alto son dos localidades que muestran una intensa erosión estacional, principalmente en eventos de frentes fríos y que generan eventos de Nortes, se incrementa el proceso descritos por Palacio-Prieto y colaboradores (1999), cuando el huracán Roxanne reactiva los paleo deltas internos que aún son parte de la geomorfología, pero que al estar cerrados por la carretera, se genera una variación en los ambientes deposicionales internos y externos en la Laguna de Términos y que además genera mortalidad de manglar en áreas extensas, erosión costera y mortandad de especies. En el caso de la localidad Nohan se llegó en que las estructuras que ya existen son suficiente ya que no se considera viable seguir construyendo más estructuras que solo podrían agravar el problema y eso



debido a que no es una localidad de alto riesgo a corto ni a mediano plazo, pero si se ve fundamental que la zona de mangle que ahí se encuentra cuente con proyectos para seguir preservando dicho ecosistema y que esta no siga adelgazando su área.

En playa Escollera Sabancuy se tiene un proceso erosivo fuerte, partiendo del impacto que tiene la estructura de la escollera, que no permite el depósito de material sedimentario, en el extremo oriental, y que el material se introduce a la laguna (hoy estuario) de Sabancuy, generando asolvamiento y pérdida de áreas navegables para los pescadores.

Las localidades estudiadas en la región costera central del APFFLT son Playa Norte, Playa Limbo y Grúa de Trabajo, se observa un proceso de acreción; consideramos que ese proceso está actuando desde el origen de la Isla del Carmen considerada como una barrera de depósitos arenosos que está en constante acreción a lo largo del tiempo, interrumpido por periodos de erosión (Yáñez, 1971); la región occidental recibe mayores descargas de agua y transporte de sedimentos que la región oriental de la isla, inducidos por los ríos Palizada y Candelaria (Bach et al., 2005; Jupin et al., 2021) y aporte sedimentario que traen los eventos de Norte de la desembocadura del río San Pedro y San Pablo, además del sedimento biogénico por transporte litoral desde las costas de Yucatán y Campeche. En la localidad Grúa de trabajo se observa que está influenciada por la presencia de un barco en altamar que cambia la configuración de distribución de sedimentos siendo mayor de un lado de la costa que del otro, mostrando un proceso de acreción, la posición del barco y su inclinación con respecto a la playa y el oleaje, se disminuye la energía de ola y permite la deposición de sedimentos. En Playa El Limbo también encallo un barco y generó erosión, sin embargo, fue retirado y permitió la recuperación de la costa, mostrando una rápida recuperación con los procesos costeros. Con todo lo mencionado anteriormente y dado que el trabajo se realizó completamente de manera remota, los resultados no son lo demasiado fiables ya que no se tomaron en cuenta muchas variables, como lo puede dar una observación directa de cada lugar. Las recomendaciones para este trabajo y una mejor forma de obtener respuestas más sólidas es ampliar el rango de tiempo a estudiar, es decir, tomando desde la idealidad que la fuente de datos (imágenes satelitales) cuente con al menos 20 años de historial en estas zonas, esto con la finalidad de tener mayores argumentos para hablar del aumento del nivel medio del mar y su relación con el cambio climático o bien de carácter antropogénico como se ha visto en estos ejemplos estudiados.



Esto de la mano de duplicar los transectos, es decir, no solo ampliar los metros de costa a evaluar, sino que tener más datos con la finalidad de poder ajustar todas esas mediciones en las distintas fechas obtenidas y ajustar a ellas una recta, mediante un análisis de regresión lineal, más específicos en las localidades en las que existe la presencia de barcos y poder realizar el análisis de regresión con dos grupos de datos (los anteriores y los posteriores a la llegada del barco) con la intención de mejorar los resultados en estas zonas y observar si tuvo un gran impacto o no. Con estas recomendaciones considero que el trabajo puede seguir con la misma línea de estudio remoto para que de cierta forma sea más asequible para el investigador y que el trabajo de un salto de calidad en lo que busca en el impacto de erosión en estas zonas. Se considera que el presente trabajo puede ser una contribución similar a la de Palacio y colaboradores (1999), donde concluyo que el paso del huracán Roxanne dejó una geomorfología en la costa marina de la Isla en la parte oriental de transgresión y en la zona occidental rasgos acumulativos intercalados con zonas de erosión, cosa que se observó en los resultados cualitativos que el mencionó con los resultados cuantitativos que se obtuvieron en este trabajo.

CONCLUSIONES

Esta investigación tuvo como objetivo cuantificar el aumento o disminución de la línea de costa, con la intención de identificar por los procesos que ocurren en cada una de las localidades observadas y si era el caso proponer medidas de mitigación. Con base en una metodología que partió de la subjetividad del investigador en la comparación de las posiciones de las líneas de costas, los resultados mostraron que las tres primeras localidades presentan una disminución de su línea de costa mientras que las otras tres localidades mostraron un aumento en sus respectivas líneas costeras, que en base al método se permitió interpretarlos como erosión o acreción. Siendo así que, las localidades denominadas Nohan, Escollera Sabancuy, Palo alto y Playa Bahamita presentaron grados de erosión, teniendo la tasa más alta de perdida en la primera localidad, caso contrario en las últimas tres localidades llamadas Grúa de Trabajo, Playa El Limbo y Playa Norte que presentaron acreción siendo la más alta en esta última localidad. Todos estos puntos estudiados están sujetas a efectos ocasionados por el hombre debido a las actividades que ocurren en el APFFLT, por lo tanto, ya sea que el ancho de la playa seca sea mayor o menor en estos seis puntos es debido y se recalca nuevamente por los efectos antropogénicos a los que se ven sujetos por las actividades que se desarrollan en la región.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alongi, D.M., (2014). Carbon Cycling and Storage in Mangrove Forests. *Annual Review of Marine Science*, 6(1):195–219.
- Andrade, J.B., Lagos, L.M., y Arenas, V.F., (2004)., Cuantificación de procesos morfogénicos actuales como indicador de la fragilidad de unidades fisiográficas en la costa de la región de O'Higgins: *Revista de Geografía Norte Grande*, 31, 63–72.
- Antochiw, M. (1994). Historia cartográfica de la Península de Yucatán. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN.
- Bach L, Calderón R, Cepeda MF, Oczkowski A, Olsen S and Robadue D., (2005). Managing freshwater inflows to estuaries level one site profile: Laguna de Términos and its Watershed, Mexico. Narragansett, RI: Coastal Resources Center, University of Rhode Island.
- Bernatchez, P., Jolivet, Y., and Corriveau, M. (2011). Development of an automated method for continuous detection and quantification of cliff erosion events. *Earth Surface Processes and Landforms*, 36, 347-362.
- Boak, EH, y Turner, IL (2005). Definición y detección de la línea de costa: una revisión. *Revista de investigación costera*, 21 (4), 688-703.
- Bologaro Crevenna Recaséns, A., AZ Márquez García, V. Torres Rodríguez y A. García Vicario, 2010. Vulnerabilidad de sitios de anidación de tortugas marinas por efectos de erosión costera en el estado de Campeche, p. 73-96. En: AV Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y JL Rojas Galaviz (ed.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. Semarnatine, unam-icmyl, Universidad Autónoma de Campeche. 514p.
- Chmura G.L, Anisfeld S.C, Cahoon D.R., and Lynch J.C., (2003). Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils. *Global Biogeochemical Cycles* 17: 1111. <https://doi.org/10.1029/2002GB001917>
- Córdova-Osorio, C. S. (2020). Descripción de la comunidad fitoplanctónica en el antiguo delta interno (Cocoyoles) del APFFLT, Campeche: un caso de impacto por lixiviados. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma del Carmen, Ciudad del Carmen, Campeche, México. 87 pp.



- Day J.W., Conner W.H., Ley-Lou F., Day R.H., and Navarro AM., (1987). The productivity and composition of mangrove forests, Laguna de Términos, Mexico. *Aquatic Botany* 27: 267-284.
[https://doi.org/10.1016/0304-3770\(87\)90046-5](https://doi.org/10.1016/0304-3770(87)90046-5)
- IPCC, (2012). Resumen para responsables de políticas “en el informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático (en línea): Nueva York, Estados Unidos de América, Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, J., Ebi, K.L., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Plattner, G.K., Allen, S.K., Tignor, M., Midgley P.M., (eds.), informe especial de los grupos de trabajo I y II del grupo IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, Recuperado el 17 de enero 2022 de la base de datos Cambridge University Press.
- Islam, M.A., Hossain, M.S., and Murshed, S., (2015). Assessment of coastal vulnerability due to sea level change at Bhola Island, Bangladesh: Using geospatial techniques: *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 43(3), 625–637.
- Jupin J. L. J.; Ruiz-Fernández A.C.; Sánchez-Cabeza J.A.; Pérez-Bernal L.H; Cardoso-Mohedano J. G.; Gómez-Ponce M. A.; Siffedine A. y Flores-Trujillo J. G., (2021). Evaluación retrospectiva de la acumulación de carbono orgánico en sedimentos de manglar de sitios contrastantes de la laguna de Términos (Campeche). *Ecosistemas costeros*. Capítulo 5 pp. 201-207
- Krauss K.W., Mckee K.L., Lovelock C.E., Cahoon D.R., Saintilan N., Reef R., and Chen L., (2013). How mangrove forests adjust to rising sea level. *New Phytologist* 202: 19-34.
<https://doi.org/10.1111/nph.12605>
- List, JH, y Farris, AS (1999). Respuesta costera a gran escala ante tormentas y buen tiempo. En el Cuarto Simposio Internacional sobre Ingeniería Costera y Ciencia de los Procesos Sedimentarios Costeros (pp. 1324-1338).
- Machorro-Román, A., Rosano-Ortega, G., Tavera-Cortes, ME, Flores-Trujillo, JG, Maimone-Celorio, MR, Martínez-Tavera, E., & Rodríguez-Espinosa, PF (2020). Sostenibilidad y evaluación del impacto causado por el relleno sanitario del municipio de Carmen, Campeche, México. *La Granja*, 32 (2), 72.
- Montero-Flores, Dulce María (2019). Variación de Parámetros Reproductivos Durante la Incubación



- de Nidos de Tortuga Carey, *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) y su Relación con Parámetros Abióticos en Isla Aguada, Campeche, México, Temporada Reproductiva 2017. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma del Carmen, Ciudad del Carmen, Campeche, México. 75 pp.
- Moore, L. J. (2012). Shoreline mapping techniques. *Journal of Coastal Research*, 16(1), 111-124.
- OJEDA, J. (2000): Métodos para el cálculo de la erosión costera. Revisión, tendencias y propuesta. *Boletín de la AGE* n° 30, pp. 103-118
- Palacio, J., Ortiz, M., y Garrido, A. (1999). Cambios morfológicos costeros en isla del Carmen, Campeche, por el paso del huracán "Roxanne". *Investigación Geográficas, Boletín* 40, pp. 48-57
- Palacio-Prieto, J., Ortiz, M., y Garrido, A. (1999). Cambios morfológicos costeros en isla del Carmen, Campeche, por el paso del huracán "Roxanne". *Investigación Geográficas, Boletín* 40, pp. 48-57
- Thieler, E. R., E. A. Himmelstoss, J. L. Zichichi y T. L. Miller (2005). *Digital Shoreline*
- Thieler, E.R., Himmelstoss E.A., Zichichi, J.L., Ergul A. 2009. The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0-an ArcGIS extension for calculating shoreline change (No. 2008-1278). US Geological Survey.
- Yáñez, A. (1971), "Procesos costeros y sedimentos recientes de la plataforma continental al sur de la bahía de Campeche", *Bol. Soc. Geológica Mexicana*, vol. 32, núm. 2. pp. 75-1 15
- Yáñez-Arancibia A., y Day J.W., (2010). La zona costera frente al cambio climático: vulnerabilidad de un sistema biocomplejo e implicaciones en el manejo costero. En: Rivera-Arriaga E, Azuz-Adeath I, Alpuche Gual L, Villalobo-Zapata GL, eds. *Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino*. Campeche, México: Universidad Autónoma de Campeche, Cetys-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche, 3-22.