

# BASE DE DATOS DE ALMACENES DE CARBONO EN LOS PASTOS MARINOS DE MÉXICO

## DATABASE OF CARBON STOCKS IN SEAGRASSES OF MEXICO

Jorge A. Herrera-Silveira<sup>1‡</sup>, Juan A. Mendoza-Martínez, Sara M. Morales-Ojeda<sup>1</sup>, Andrea Camacho-Rico<sup>1</sup>, Israel Medina-Gómez<sup>1</sup>, Javier Ramírez-Ramírez<sup>1</sup>, Mercy López-Herrera<sup>1</sup>, Eunice Y. Pech-Poot<sup>1</sup>, Oscar Pérez-Martínez<sup>1</sup>, Mónica Pech-Cárdenas<sup>1</sup>, Tania Cota-Lucero<sup>1</sup> y Claudia Teutli-Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Producción Primaria, CINVESTAV – Instituto Politécnico Nacional, Mérida, Yucatán, México.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias, UMDI-UNAM, Sisal, Yucatán, México.

<sup>‡</sup>Autor para correspondencia: jorge.herrera@cinvestav.mx

### RESUMEN

Las praderas de pastos marinos son uno de los ecosistemas acuáticos con los mayores almacenes de carbono, particularmente en sus estructuras subterráneas, por lo que el conocimiento de su distribución espacial en México es una tarea importante, dado lo escaso de trabajos publicados con relación a este tópico. En este trabajo se compiló una base de datos del análisis de 69 estudios realizados en las diferentes regiones del país, con datos de los almacenes de carbono en los diferentes tipos de praderas de pastos marinos. Se analizaron datos de las regiones Pacífico Norte, Golfo de México y Península de Yucatán. Se presentan y discuten los datos obtenidos, así como las conclusiones y recomendaciones relacionadas con este tipo de análisis.

**Palabras clave:** *sitios medición; regiones; biomasa aérea; sedimento; tipos de pastos marinos.*

### ABSTRACT

Mangroves are one of the largest carbon stocks in terrestrial ecosystems, particularly in the underground part, so knowledge of their spatial distribution in Mexico is a very important task, given the scarcity of published works related to this topic. In this paper, a database of 64 studies carried out in the different regions of the country was compiled, generating 424 sites with data from the carbon stores in the different types of mangroves. A description of the data obtained is presented and discussed, as well as the conclusions and recommendations related to this type of analysis.

**Key words:** *measurement sites; regions; aerial biomass; soil; types of mangroves.*

### INTRODUCCIÓN

Las praderas de pastos marinos están conformadas por plantas con flores que han colonizado áreas con sedimentos blandos, principalmente en hábitats de agua dulce, estuarios y zonas costeras de climas templados y tropicales (Dennison *et al.*, 1993; Short *et al.*, 2007). Los pastos marinos generan condiciones para la

conformación de hábitats y microhábitats de una gran variedad de organismos vertebrados e invertebrados (Hemminga y Duarte, 2000; Williams y Heck, 2001; Spalding *et al.*, 2003) y constituyen uno de los biotopos más productivos del planeta (Boström y Bonsdorff, 2000), el cual sustenta altos valores de biodiversidad (Ogden y Gladfelter 1983; Nagelkerken *et al.*, 2000).

## Almacenes y flujos de carbono

Los almacenes de carbono son el resultado de la acumulación de materia orgánica por períodos relativamente largos de tiempo y, en el caso de los pastos marinos, los almacenes de carbono orgánico se dividen en aéreos y subterráneos. Los primeros están constituidos por las hojas y tallos de las fanerógamas marinas y, los segundos, por las raíces y rizomas en el primer metro de sedimento. Los flujos de carbono hacen referencia a los mecanismos que propician la variación (positiva o negativa) ya sea en sentido vertical (liberación/captura de CO<sub>2</sub> de agua y atmósfera) u horizontal (exportación/importación) de los almacenes de carbono. Estos mecanismos son la productividad primaria, respiración, la descomposición bacteriana, el ramoneo (por invertebrados y grandes vertebrados), la translocación, y la exportación de materia orgánica tanto a ecosistemas contiguos (por ejemplo, corales) como distantes (mar profundo). Actualmente, la mayoría de los estudios se enfocan casi exclusivamente en los almacenes de carbono.

En este contexto existe interés en cuantificar la capacidad de los ecosistemas del mundo para atrapar y almacenar carbono, para contribuir a estabilizar el clima planetario. Esto se debe a que el almacenamiento neto de carbono (C) representa una función que hace posible establecer una valoración económica de estos ecosistemas, lo cual es una aproximación fundamental para ingresar al esquema de mercado de carbono.

A principios de la década de los 80 se destacó la importancia de la vegetación de los hábitats costeros como sumideros de carbono, por ser capaces de capturar gases de efecto invernadero (como el CO<sub>2</sub>) y convertirlos en materia orgánica que permanece almacenada por

largos períodos (Collier *et al.*, 2007). Se estima que los ecosistemas marinos costeros captan hasta la mitad de las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes del sector de transporte mundial (Nellemann *et al.*, 2009).

Los pastos marinos tienen la capacidad de almacenar carbono en cantidades desproporcionadamente altas, con relación al área que ocupan globalmente (Laffoley y Grimsditch, 2009). Tal capacidad de almacenamiento de carbono en sus tejidos se relaciona con su alta productividad, tanto aérea como subterránea y secuestrarlo, principalmente, en los sedimentos asociados con sus praderas (Fourqurean *et al.*, 2012). Su amplio intervalo de distribución en todos los continentes y hasta profundidades de 50 m (Hemminga y Duarte, 2000) permite a los pastos aportar carbono a la región detrítica de los ecosistemas costeros. Aun cuando los pastos marinos sólo ocupan el 0.2% (0.33 millones de km<sup>2</sup>) del área de los océanos a nivel mundial, se estima que almacenan el equivalente al 10% del carbono capturado en el ambiente marino (Nellemann *et al.*, 2009). Por otra parte, existen diferencias en cuanto al nivel de productividad entre especies de pastos marinos, lo cual se ve reflejado en su capacidad de captura de carbono.

Otra de las funciones ecosistémicas de las praderas de pastos marinos es disipar la energía de las corrientes y favorecer la sedimentación, lo que evita la resuspensión posterior del material depositado. Como resultado de este mecanismo, la cantidad de carbono acumulado en el hábitat de pastos marinos es función de la especie, las características del parche y el tipo de sedimento, así como de la profundidad e hidrodinámica (García y Duarte, 2001). En el Cuadro 1 se indican las diferencias en producción de biomasa por especie, a partir de los cuales puede inferirse su diferente potencial de captura de carbono.

**Cuadro 1. Diferencias entre la biomasa y la producción de diferentes especies de pastos marinos.**

Especie	Biomasa (gps m <sup>-2</sup> )		Producción (gps m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	
	Aérea	Subterránea	Aérea	Subterránea
<i>Zostera marina</i> L.	298.4	149.7	5.2	1.7
<i>Phyllospadix scouleri</i> Hook	615.2	418.1	13.7	10.5
<i>Phyllospadix torreyi</i> S. Watson	586.4	485.9	14.2	11.3
<i>Halodule wrightii</i> Asch	253.5	193.3	7.4	0.87
<i>Halodule beaudettei</i> Hartog	-	-	-	-
<i>Halophila decipiens</i> Ostenf	77.5	66	-	-
<i>Halophila engelmanni</i> Asch	-	-	-	-
<i>Syringodium filiforme</i> Kütz	368.2	450.8	3.8	0.96
<i>Ruppia mexicana</i> n sp.	-	-	-	-
<i>Ruppia maritima</i> L.	2 200	-	-	-
<i>Thalassia testudinum</i> ex. Koenig	519	582	5	1.8

Gps = gramos de peso seco. Tomado de Duarte y Chiscano (1999).

Tras la degradación o remoción de la vegetación de humedales, el carbono asociado con dicho material es transportado al agua o a la atmósfera en forma de CO<sub>2</sub>, emitiendo una significativa proporción del carbono almacenado en los sedimentos cuando estos entran en contacto con el oxígeno (Huang *et al.*, 2009). Alternativamente, la exportación parcial de ese carbono hacia aguas profundas (≈1000 m) representa una vía efectiva de remoción del CO<sub>2</sub> del sistema océano-atmósfera (Duarte y Krause-Jensen 2017). Así, el grado de acoplamiento entre ambientes costeros someros dominados por vegetación acuática sumergida y el mar de plataforma, permitiría que el C expuesto sea trasladado ya sea en forma disuelta o particulada a grandes profundidades, en donde permanecería secuestrado por períodos significativos de tiempo antes de regresar a la superficie y ser susceptible de intercambio con la atmósfera. Esta ruta basada en la conectividad de ecosistemas costeros, sugiere también que la emisión neta de C debida a pérdidas del hábitat de pastos marinos es menor a la estimación hecha para humedales terrestres (Huang *et al.*, 2009).

### Los pastos marinos en México

Los pastos marinos son por su vasta distribución a lo largo del litoral mexicano un componente notable dentro de la comunidad de vegetación acuática sumergida nacional. Sin embargo, aún existen vacíos por atender, tal como caracterizar espacialmente su distribución tanto a nivel de comunidad como de especie. Asimismo, existe escasa información sobre la biomasa, cobertura y tipo de sustrato al que se asocian, así como variables ambientales relacionadas. Como muestra de esto se pueden constatar discrepancias en la información espacial reportada por fuentes oficiales como CONABIO (Comisión Nacional para la Biodiversidad) y la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) en cuanto a la presencia de este tipo de vegetación, particularmente en la región del Pacífico Sur (Figura 1), debido al número de datos de mediciones disponible y su representatividad espacial.

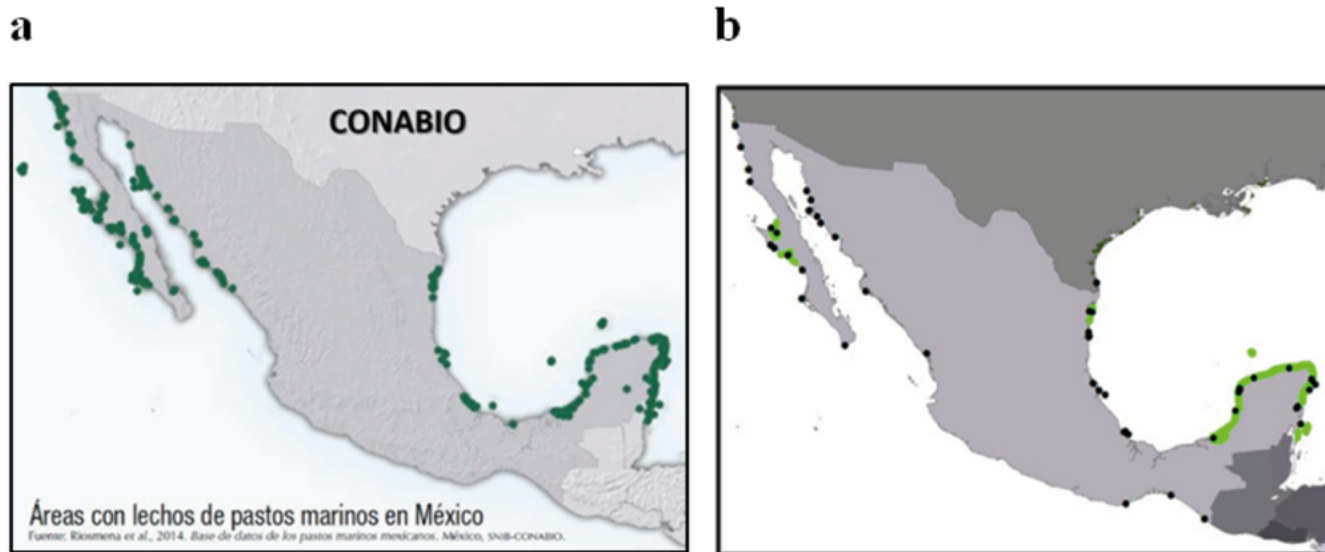


Figura 1. Comparación de la información oficial relativa a la distribución de los pastos marinos en México. a. Mapa CONABIO (Fuente: Riosmena-Rodríguez *et al.*, 2014); b. Cartografía tomada de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA, 2016).

De acuerdo con la información disponible, México cuenta con una riqueza de 11 especies de pastos marinos. En las costas del océano Pacífico se han documentado cinco especies, siete en el Golfo de México y cuatro en el Mar Caribe (Ibarra-Obando y Ríos, 1993). Adicionalmente, estudios recientes han permitido diferenciar una nueva especie, *Ruppia mexicana* n sp., a lo largo de la Península de Yucatán (den Hartog *et al.*, 2016).

México cuenta con especies de pastos marinos de clima templado en el Golfo de California, y aunque se reconoce la existencia de amplias praderas, éstas no están cartografiadas. Lo que sí se ha identificado en las poblaciones de pastos de esta región, es que están amenazadas por la escorrentía de tierras agrícolas y, por lo tanto, se requiere implementar medidas de protección a escala de cuenca. Para la región tropical se ha documentado la importancia de los pastos marinos

en Yucatán y la costa del Golfo de México donde se presentan extensas praderas combinadas con algas marinas, en su mayoría especies *climax* con gran capacidad para almacenar carbono (CCA, 2016). De la región de la Península de Yucatán, es en la costa del Mar Caribe donde la prevalencia de las praderas de pastos marinos está comprometida por el modelo de desarrollo turístico masivo que inició a mediados de la década de los 70. La rápida pérdida de cobertura de pastos marinos que ha experimentado esta región podría ser de hasta el 50% de su cobertura original, por lo cual es urgente un plan de protección para la zona.

En este trabajo se documenta una base de datos del carbono en los pastos marinos de México, compilada de publicaciones de diferente índole, para poder realizar aproximaciones a los inventarios de almacenes de carbono en las praderas de pastos marinos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para cuantificar los contenidos de carbono en los almacenes de las praderas de pastos marinos, se realizó una búsqueda de información en la literatura normal, nacional e internacional, además de la literatura gris (tesis, informes, publicación de eventos académicos, etc.). La búsqueda fue realizada con diferentes

buscadores de información y consulta de bases de datos de publicaciones universitarias y de otra índole.

Cada documento encontrado fue revisado para analizar los datos publicados y su congruencia, para ser almacenados en una base de datos con una estructura definida y compatible con los objetivos una línea base de los almacenes de carbono en México.

## RESULTADOS

El análisis de la información disponible sobre pastos marinos para las diferentes regiones de las costas de México muestra que la literatura disponible está dominada por publicaciones en artículos científicos y en segundo lugar se encuentra la literatura denominada *gris* (información que proviene de tesis, tesinas, boletines, e informes técnicos) (Figura 2). La literatura gris sólo es equiparable en número a la literatura con arbitraje en aquella información concerniente a la Península de Yucatán (Figura 2). Se hace notar que no se obtuvieron estudios publicados que aborden de manera explícita el análisis de los almacenes de Carbono en vegetación acuática sumergida, salvo un trabajo efectuado en una bahía somera de la Península de Yucatán (Calva-Benítez y Torres-Alvarado, 2011).

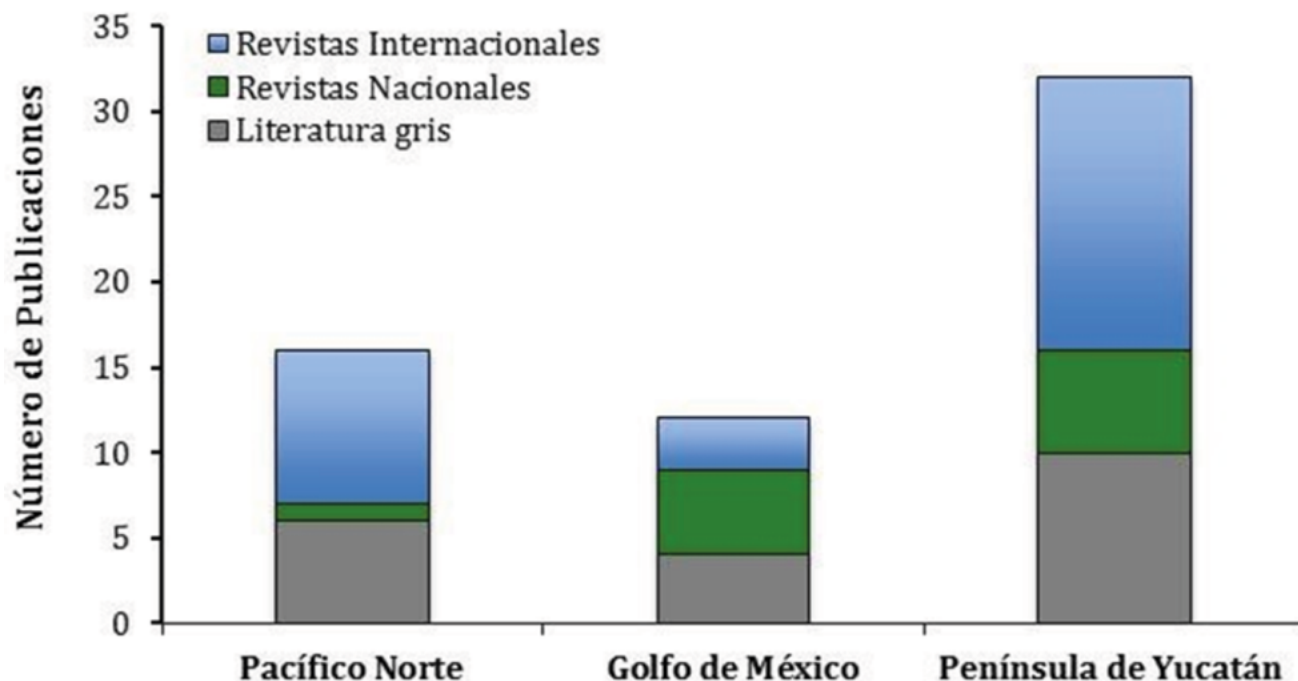


Figura 2. Proporción regional de información disponible sobre Carbono en pastos marinos en ecosistemas costeros mexicanos distribuida en tres categorías de publicación: artículos en revistas internacionales, en revistas nacionales y en literatura gris (tesis, tesinas, boletines, e informes técnicos).

La distribución de estudios, por región geográfica, muestra un patrón de literatura más abundante en la Península de Yucatán para los tres rubros, dominando las publicaciones en revistas internacionales. (Figura 2). La zona del Pacífico Norte ocupa el segundo lugar, pero con menos publicaciones nacionales que las otras dos regiones. No obstante que los estudios más antiguos son del Golfo de México, la tasa de publicación ha decaído, dominando las publicaciones nacionales. Cabe destacar, que la porción sur del Pacífico Mexicano no cuenta con información, el conjunto de trabajos disponibles para el pacífico está constituido por investigaciones realizadas principalmente en la región de la península de Baja California.

El análisis de los resultados obtenidos en la revisión bibliográfica, indica que el promedio de almacén de carbono total de los pastos marinos en México fue de  $98.6 \pm 11.47 \text{ Mg C ha}^{-1}$ . Por región, la Península de Yucatán presentó los almacenes mayores con  $96.69 \pm 12.23 \text{ Mg C ha}^{-1}$ , seguido por la del Golfo de México con  $90.18 \pm 11.88 \text{ Mg C ha}^{-1}$ , mientras que los más

bajos fueron del Pacífico Norte con  $19.32 \pm 7.93 \text{ Mg C ha}^{-1}$ . Respecto al carbono aéreo (CA), los valores más altos se presentaron en la Península de Yucatán, y correspondieron a  $0.981 \pm 1.13 \text{ Mg C ha}^{-1}$ , seguido por el Golfo de México con  $0.866 \pm 1.11 \text{ Mg C ha}^{-1}$ , mientras que los valores más bajos se presentaron en el Pacífico Norte con  $0.58 \pm 0.75 \text{ Mg C ha}^{-1}$ . En cuanto al carbono subterráneo, la Península de Yucatán con  $95.71 \pm 11.09 \text{ Mg C ha}^{-1}$  presentó el valor promedio más alto, seguido por el Golfo de México con un promedio de  $89.32 \pm 10.76 \text{ Mg C ha}^{-1}$ , mientras que en el Pacífico Norte registró los valores promedio más bajos  $18.74 \pm 7.23 \text{ Mg C ha}^{-1}$ .

### Mapas de los sitios donde se cuenta con datos sobre el almacén de carbono de pastos marinos

La Figura 3, Figura 4 y Figura 5 muestran la distribución de los sitios con datos del almacén de carbono en los pastos marinos en México por región.

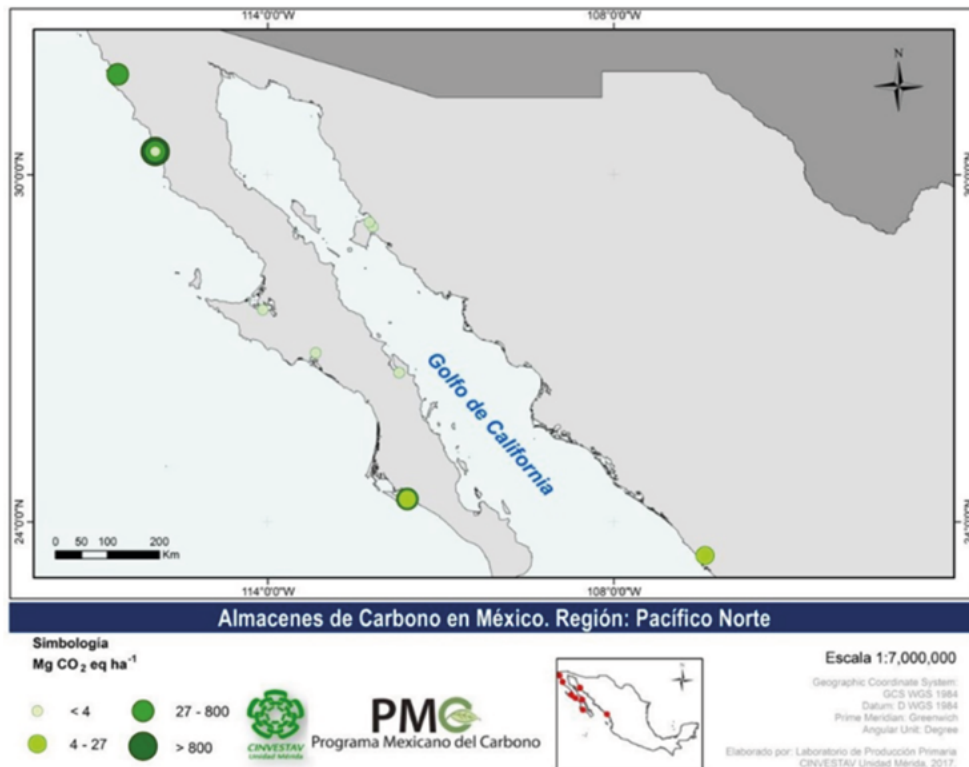


Figura 3. Sitios de Pastos Marinos en la región Pacífico Norte donde se cuenta con datos para el cálculo del almacén de carbono total (carbono aéreo + subterráneo). El sedimento fue estandarizado a 100 cm. Fuente: Herrera-Silveira *et al.*, 2017.

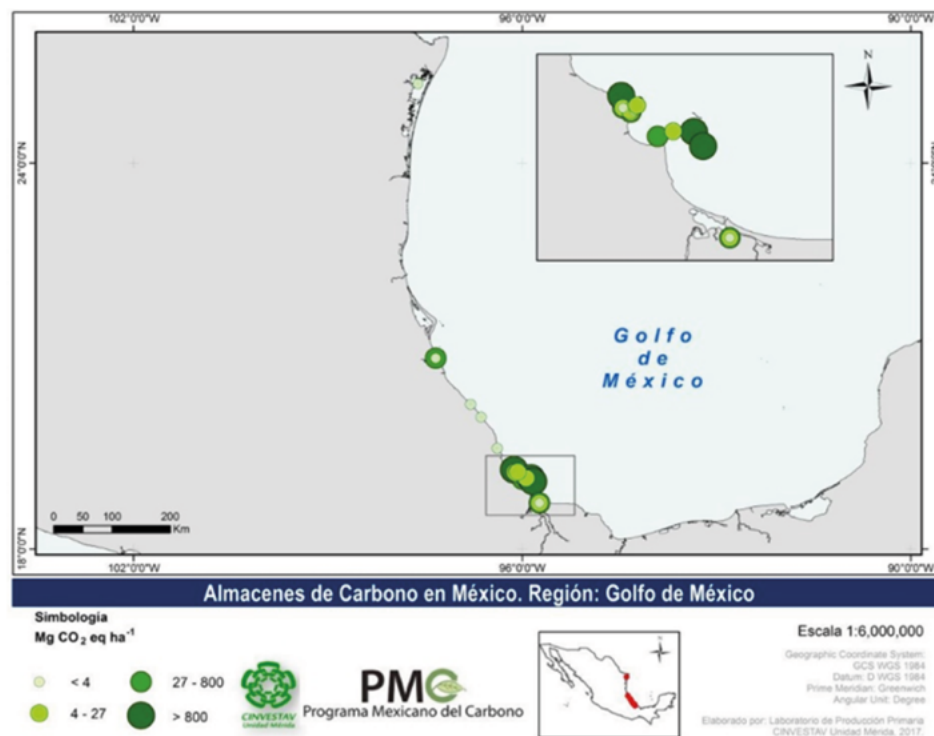


Figura 4. Sitios de Pastos Marinos en la región del Golfo de México donde se cuenta con datos para el cálculo del almacén de carbono total (carbono aéreo + subterráneo). El sedimento fue estandarizado a 100 cm. Fuente: Herrera-Silveira *et al.*, 2017.

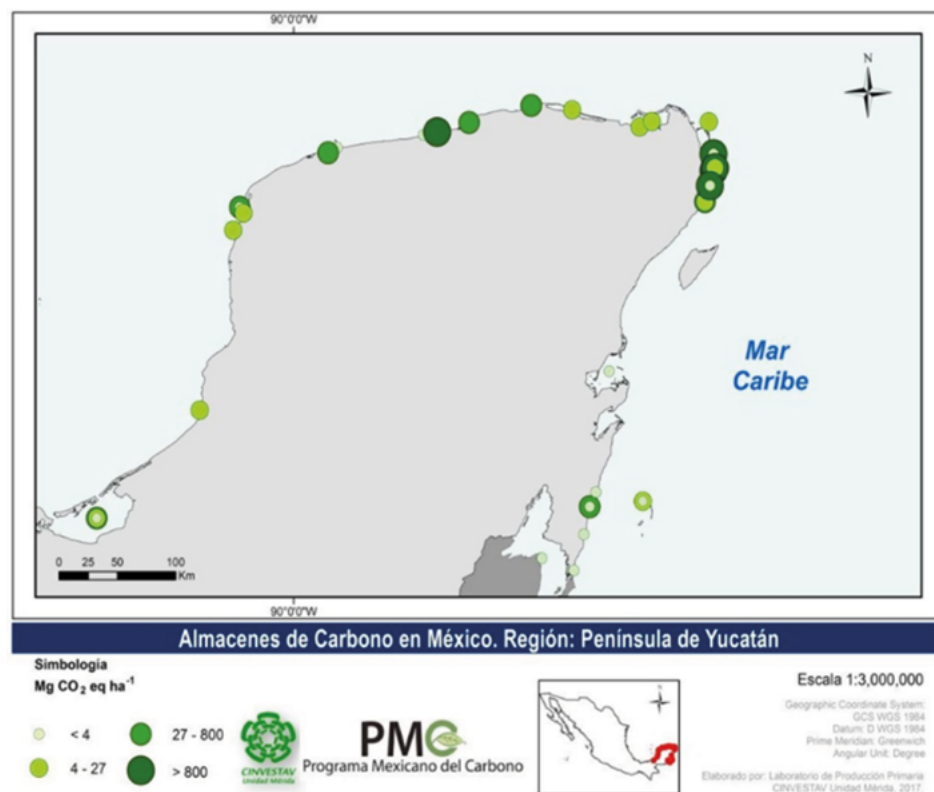


Figura 5. Sitios de Pastos Marinos en la región de la Península de Yucatán donde se cuenta con datos para el cálculo del almacén de carbono total (carbono aéreo + subterráneo). El sedimento fue estandarizado a 100 cm. Fuente: Herrera-Silveira *et al.*, 2017.

## DISCUSIÓN

El análisis de datos publicados para esta compilación sobre los almacenes de carbono orgánico en las praderas de pastos marinos de México muestra que los estudios dedicados a inventariar explícitamente los diferentes almacenes de carbono en estas comunidades mediante un esquema integral y procedimientos estándar, no existen. Sin embargo, los trabajos instrumentados para evaluar la biomasa viva (y posterior conversión a carbono) son numerosos y están presentes para las tres regiones marinas del país bajo el enfoque de la presente revisión.

La distribución y desarrollo observados de los pastos marinos permite destacar su grado de flexibilidad ecológica para crecer bajo una amplia gama de condiciones ambientales y generar, a partir de su producción primaria neta, concentraciones significativas de detritus que enriquecen los sedimentos asociados a dicha vegetación. De acuerdo con los resultados de esta compilación, los pastos marinos en México ocupan diversos escenarios, que van desde lagunas costeras someras receptoras de materia particulada de ríos, hasta áreas costeras abiertas de profundidades mayores a 5 m de aguas con alta transparencia. Esta gama de escenarios físico-ambientales influye tanto en los rasgos morfométricos de los pastos marinos, como a nivel de las características de la comunidad, determinando el carácter de variabilidad documentado para sus almacenes de carbono.

La especificidad del ambiente donde se desarrolle la vegetación es crucial para el tamaño absoluto del almacén de carbono que se establezca en un área determinada, tanto en la biomasa como en el sustrato. El patrón observado al contrastar ambientes que discrepan en su grado de exposición a la energía del forzamiento oceánico no es concluyente. La cantidad y calidad de la información demostró la necesidad de incluir estudios que consideren explícitamente la interrelación entre la geomorfología e hidrodinámica, ya que esta tiene el potencial de regular la tasa de acumulación de carbono en los sedimentos y pueden constituir controladores de la efectividad de las praderas de pastos como almacenes de carbono a largo plazo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis de la información recopilada de los ecosistemas de pastos marinos en México permitirá contar con los insumos para realizar ejercicios de

inventarios de carbono para sintetizar el estado de los almacenes de carbono y su distribución espacial.

Es importante resaltar la escasez de información sobre los flujos de carbono en los ecosistemas de pastos marinos y manglares en México, en especial flujos laterales de carbono orgánico disuelto (COD) y particulado (COP), así como los verticales de CH<sub>4</sub>, por lo que se requieren esfuerzos adicionales.

México no cuenta con un mapa de la cobertura de las praderas de pastos marinos, por lo que éste debiera de ser uno de los temas prioritarios para desarrollar y que ligado a esto se requiere estandarizar los protocolos de muestreo en campo para poder realizar inventarios que sean interoperables a escala nacional e internacional (IPCC, 2014).

Finalmente, se sugiere poner especial atención a los proyectos de restauración de pastos marinos, ya que son una oportunidad para la evaluación de las tasas de captura de carbono, bajo condiciones distintas de estrés sobre la comunidad, así como de grado de desarrollo, por lo que los programas de monitoreo regionales, que en algunos casos ya existen, deben mantenerse y fortalecerse.

## BASE DE DATOS

En seguimiento a la política del Programa Mexicano del Carbono de libre acceso a las bases de datos asociadas al ciclo del carbono y sus interacciones, así como en soporte de las síntesis nacionales del ciclo del carbono en ecosistemas terrestres y acuáticos, la base de datos de este trabajo está disponible en [http://pmcarbono.org/pmc/bases\\_datos/](http://pmcarbono.org/pmc/bases_datos/).

## AGRADECIMIENTOS

Esta compilación es resultado de muchos estudios realizado por un sin número de investigadores, a todos ellos se agradece y reconoce su esfuerzo y dedicación. El trabajo de recopilación, análisis y síntesis ha sido gracias a diferentes apoyos, por lo que se agradece a PNUD e INECC por el apoyo a través del Proyecto CSP-2016-057, CONABIO por el apoyo a través del proyecto FB128/B019/94, al CONACYT por apoyo a los proyectos 904672, 4147P-T, 2356-T, G34709, 21336, 66223, M0023.

**LITERATURA CITADA**

- Boström, C. and E. Bonsdorff. 2000. Zoobenthic community establishment and habitat complexity - the importance of seagrass shoot density, morphology and physical disturbance for faunal recruitment. *Marine Ecology Progress Series* 205:123-138.
- Calva-Benítez, L. G. y R. Torres-Alvarado. 2011. Carbono orgánico y características texturales de sedimentos en áreas del pasto marino *Thalassia testudinum* en ecosistemas costeros del sureste del golfo de México. *Universidad y Ciencia* 27:133-144.
- CCA. 2016. Carbono azul en América del Norte: evaluación de la distribución de los lechos de pasto marino, marismas y manglares y su papel como sumideros de carbono. Comisión para la Cooperación Ambiental. Montreal, Canadá. 58 p.
- Collier, C. J., P. S. Lavery, R. J. Masini and P. J. Ralph. 2007. Morphological, growth and meadow characteristics of the seagrass *Posidonia sinuosa* along a depth-related gradient of light availability. *Marine Ecology Progress Series* 337:103-115.
- den Hartog, C., B. I. van Tussenbroek, J. G. R. Wong, P. M. Ruaro and J. M. Guzmán. 2016. A new *Ruppia* from Mexico: *Ruppia mexicana* n. sp. *Aquatic Botany* 131:38-44.
- Dennison, W. C., R. J. Orth, K. A. Moore, J. C. Stevenson, V. Carter, S. Kollar, P. W. Bergstrom and R. A. Batiuk. 1993. Assessing water quality with submersed aquatic vegetation. *BioScience* 43:86-94.
- Duarte, C. M. and C. L. Chiscano. 1999. Seagrass biomass and production: a reassessment. *Aquat Bot.* 65:159-174.
- Duarte, C. M. and D. Krause-Jensen. 2017. Export from seagrass meadows contributes to marine carbon sequestration. *Frontiers in Marine Science* 4. DOI:10.3389/fmars.2017.00013
- Fourqurean, J. W., C. M. Duarte, H. Kennedy, N. Marba, M. Holmer, M. A. Mateo, E. T. Apostolaki, G. A. Kendrick, D. Krause-Jensen, K. McGlathery and O. Serrano. 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience* 5:505-509.
- García, E. and C. M. Duarte. 2001. Sediment retention by a Mediterranean *Posidonia oceanica* meadow: the balance between deposition and resuspension. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 52:505-514.
- Hemminga, M. A. and C. M. Duarte. 2000. *Seagrass Ecology*. University of Cambridge. United Kingdom 298 p.
- Herrera-Silveira, J.A., R.A. Camacho, G.I. Medina, J. Ramírez-Ramírez, H.M. López, S.M. Morales-Ojeda, P.E. Pech, J.P. Caamal-Sosa, M.J.E. Mendoza, C.S.G. Cinco, C.M. Pech y C. Teutli-Hernández. 2017. Síntesis basada en el análisis y diagnóstico documental sobre Carbono Azul en México. PNUD CSP-2016-057. Programa Mexicano del Carbono-CINVESTAV-IPN. 120 p.
- Huang, Y., W. Sun, W. Zhang, Y. Yu, Y. Su and C. Song. 2009. Marshland conversion to cropland in northeast China from 1950 to 2000 reduced the greenhouse effect. *Global Change Biology* 16:680-695.
- Ibarra-Obando, S. E. and R. Ríos. 1993. Ecosistemas de fanerógamas marinas. pp. 54-65. *In: Salazar-Vallejo, S. I. y N. E. González (eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO y CIQRO. México.
- IPCC. 2014. 2013 Supplement to the 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas inventories: Wetlands. Hiraishi, T., T. Krug, K. Tanabe, N. Srivastava, J. Baasansuren, M. Fukuda and T. G. Troxler (eds). IPCC, Switzerland. Switzerland. 354 p.
- Laffoley, D. and G. Grimsditch. 2009. *The Management of Natural Coastal Carbon Sinks*. IUCN. Gland, Switzerland. 64 p.
- Nagelkerken, I., G. Van der Velde, M. W. Gorissen, G. J. Meijer, T. Van't Hof and C. Den Hartog. 2000. Importance of mangroves, seagrass beds and the shallow coral reef as a nursery for important coral reef fishes, using a visual census technique. *Estuarine, coastal and shelf science* 51:31-44.
- Nellemann, C., E. Corcoran, C. M. Duarte, L. Valdés, C. De Young, L. Fonseca and G. Grimsditch (eds). 2009. Blue carbon. A rapid response assessment. United Nations Environment Programme. GRID-Arendal. Norway. 78 p.
- Ogden, J. C. and E. H. Gladfelter. 1983. Coral reefs, seagrass beds and mangroves: Their interaction in the coastal zones of the Caribbean. Report of a Workshop, held at West Indies Laboratory, St. Croix, U. S. Virgin Islands May, 1982 (Unesco reports in marine science 23). Regional Office for Science and Technology for Latin America and the Caribbean ROSTLAC. Montevideo, Uruguay. 133 p.
- Riosmena-Rodríguez, R., J. M. López-Calderón, R. Muñoz-Salazar, J. M. López-Vivas, J. Torre-Cosío y A. Meling. 2014. Parámetros poblaciones de *Zostera marina* como indicadores de salud ecosistémicos. Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental. pp. 561-576. *In: González-Zuarth, C. A., A. Vallarino, J. C. Pérez-Jiménez y A. M. Low-Pfeng (eds.). Biodiñdicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. El Colegio de la Frontera Sur, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México.
- Short, F., T. Carruthers, W. Dennison and M. Waycott. 2007. Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 350:3-20.
- Spalding, M., M. Taylor, C. Ravilious, F. Short and E. Green. 2003. Global overview: The distribution and status of seagrasses. pp. 5-26. *In: Green, E. P. and E. Short (eds.). World Atlas of Seagrasses: Present Status and Future Conservation* Berkeley University of California Press. USA.
- Williams, S. L. and K. L. J. Heck. 2001. Seagrass communities. pp. 317-337. *In: Bertness, M. D., S. D. Gaines and M. E. Hay (eds.). Marine Community Ecology*. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts U.S.A.