

Acevedo-Olvera, G.E., Flores-Trujillo, J.G., Vázquez-Pérez R. N. 2025. La Vulnerabilidad del Hábitat del Manatí (*Trichechus manatus manatus*) por Efectos del Cambio Climático, en el Río Palizada, Campeche, p. 175-186. En: J.G. Cerón Bretón, R. M. Cerón Bretón y M. López Cisneros (ed.). Tópicos Selectos de Contaminación Ambiental. Universidad Autónoma de Campeche. 366 p. p. ISBN 978-607-8907-33-5. doi 10.26359/EPOMEX01202507.

# La Vulnerabilidad del Hábitat del Manatí (*Trichechus manatus manatus*) por Efectos del Cambio Climático, en el Río Palizada, Campeche

G. E. Acevedo-Olvera<sup>1</sup>, J. G. Flores-Trujillo<sup>2</sup>,  
R. N. Vázquez- Pérez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias de la Salud  
Universidad Autónoma del Carmen

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería  
Universidad Autónoma del Carmen

<sup>3</sup> Centro de Estudios Tecnológicos del MAR No. 29

## Resumen

El manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) es un mamífero acuático herbívoro perteneciente al orden Sirenia, en peligro de extinción debido a que esta especie y su hábitat son altamente vulnerables a impactos directos e indirectos generados por la actividad humana en las modificaciones del hábitat. El objetivo del presente estudio fue elaborar un diagnóstico del impacto del crecimiento de la actividad antropogénica a lo largo de la ruta del manatí (*Trichechus manatus manatus*) en el río Palizada entre los años 2014 y 2015. Se realizaron recorridos a lo largo del río en búsqueda visual de ejemplares de manatí y/o de evidencias de actividad alimentaria, la búsqueda se llevó a cabo mediante un ecosonda de barrido lateral se realizó la medición de parámetros fisicoquímicos. Se tomaron muestras de sedimento superficial, vegetación ramoneada y vegetación asociada a la dieta del manatí. Durante las salidas de campo no hubo avistamiento de manatí; sin embargo, se localizaron zonas de tránsito y se identificaron huellas de ramoneo sobre especies de plantas en algunas áreas de los márgenes del río; la granulometría de sedimentos mostró una variabilidad sedimentaria característica de estos ambientes sedimentarios, aumento de finos en la parte baja del río. El aumento de los asentamientos humanos en los márgenes del río y las modificaciones al uso de suelo en la cuenca del río vulnera las áreas de alimento y tránsito del manatí antillano por lo que se sugiere reservar sus áreas de distribución a lo largo del río Palizada.

**Palabras clave:** manatí, ramoneo, Palizada, sedimentos, cambio climático.

## Abstract

The Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) is an herbivorous aquatic mammal that is in danger of extinction due to the highly vulnerable nature of its habitat and the direct and indirect impacts of human activity. A study was conducted to assess the impact of human activity on the manatee population in the Palizada River between 2014 and 2015. The study involved river tours to visually search for manatees and evidence of their feeding activity, the use of a side-scan echo sounder for additional search, and the measurement of physicochemical parameters. Samples of surface sediment, browsed vegetation, and vegetation associated with the manatee's diet were also collected. Although no manatees were sighted during the field trips, transit areas and traces of browsing on plant species were identified along the riverbanks. The sediment analysis revealed variability characteristic of the river's sedimentary environments, with an increase in fines in the lower part of the river. The increase in human settlements along the river banks and modifications to land use in the river basin have encroached upon the manatee's food and transit areas, suggesting the need to protect its distribution areas along the Palizada River.

**Keywords:** Manatee, Browsing, Palisade, Sediments, Climate change

## Introducción

El Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos (APFFLT) fue declarada, el 6 de junio de 1994, con 706 147.67 hectáreas (DOF, 1994), se ubica en la zona costera del estado de Campeche, entre el río San Pedro y San Pablo al occidente y el estero de Sabancuy hacia el oriente. El río Palizada es el principal río tributario de agua y sedimentos a la laguna de Términos (García, 1973) y tiene influencia del flujo del Usumacinta (Fuentes *et al.*, 2001; Soria *et al.*, 2020).

En la actualidad el número de individuos de población del manatí (*Trichechus manatus manatus*) en el río Palizada, a pesar de no existir un estudio formal, se ha reducido significativamente, el área de distribución se ha visto condicionada por la disponibilidad de alimento y el aumento de la actividad antropogénica por lo que se considera como una especie amenazada (Ladrón de Guevara, 2019). Los patrones de comportamiento alimenticio de los herbívoros en general indican que ellos incrementan el consumo de alimentos que les brindan un mayor rendimiento nutricional y limitan el consumo de plantas tóxicas o de baja calidad (Launchbaugh *et al.*, 2001).

Los manatíes poseen un sistema digestivo con altos niveles de eficiencia, para satisfacer sus requerimientos metabólicos necesitan consumir grandes cantidades de vegetación acuática, la cual posee alto porcentaje de fibra cruda y cantidades bajas de proteína (Smith, 1993). Algunas investigaciones abordan aspectos de la dieta y la forma en cómo estos utilizan los recursos alimenticios (Burn, 1986; Provancha & Hall, 1991; Colares & Colares, 2002). Esas investigaciones,

relacionan los procesos metabólicos del sistema digestivo con las diferentes especies de plantas que conforman su dieta.

Son escasos los estudios sobre la dieta del manatí que intentan explicar la forma en que éste escoge los diferentes elementos que conforman su dieta (Colares & Colares, 2002). Otras investigaciones abordan la relación entre las plantas que consumen los manatíes y la presencia de éstas en la dieta de la especie, mediante procesos metabólicos (Burn, 1986). Los estudios que abarcan con mayor detalle la dieta de la especie y sobre aspectos de preferencia que ésta hace de los recursos alimenticios, se han realizado para las poblaciones de manatíes de Florida en Estados Unidos (Provancha & Hall, 1991). Las variaciones en las características del hábitat para esta especie entre regiones, limitan la aplicación de esos estudios a las condiciones en que viven los manatíes en Costa Rica y otras áreas tropicales con condiciones ecológicas similares (Guterres *et al.*, 2008).

La investigación acerca de los manatíes en Costa Rica es escasa, y la información relacionada con la dieta de esta especie está orientada hacia observaciones sobre sitios de alimentación y listados de especies que la conforman (Jiménez, 2003), sin profundizar en la composición y la trascendencia de las plantas que conforman la dieta de este mamífero. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue elaborar un diagnóstico del impacto del crecimiento de la actividad antropogénica a lo largo de la ruta del manatí (*Trichechus manatus manatus*) en el río Palizada entre los años 2014 y 2015.

## Área de estudio

En el estado de Campeche, el sistema fluvio-lagunar Pom-Atasta y el sistema fluvio- deltaico río Palizada, ambos pertenecientes al bajo Usumacinta (Soria *et al.*, 2020), son de gran importancia para la distribución del manatí (*Trichechus manatus manatus*) hacia el sureste de la República Mexicana. Aunque en el estado de Campeche casi no existen reportes de avistamientos de manatí, debido a lo problemático de las observaciones a simple vista por el gran contenido de sedimento y materia orgánica que llevan las aguas del río Palizada, según comentarios de los habitantes en los últimos 10 años se han reportado avistamientos de manatíes, en el río

Palizada durante los meses de abril a julio.

El río Palizada es el brazo oriental del Usumacinta, el más caudaloso, aunque estrecho, con numerosos huecos, a través de un terreno aluvial, bajo y pantanoso, cubierto de exuberante vegetación; recibe las aguas del Arroyo Blanco, sigue su curso hasta unirse con el río Viejo, y su desembocadura está formada por dos cauces y sus respectivos deltas, al cauce E se le denomina río Carriзал, Tres Lagunas de S a N: laguna El Vapor, laguna del Este; y laguna San Francisco, con una superficie conjunta de 90 km<sup>2</sup> (figura 1).



**Figura 1.** Área de estudio y puntos de muestreo en el río Palizada.

La desembocadura de tres ríos secundarios: Las Piñas y Marentes que drenan en la porción sur el Vapor y río Las Cruces que drena en la porción so de la laguna del Este. La laguna San Francisco no cuenta con aportes fluviales directos, una cuenca común que se ubica frente a las desembocaduras de la laguna del Este y la de San Francisco que finalmente salen por dos canales, el principal de los cuales se denomina Boca Chica otro rasgo característico del área en Punta Cochinitos la cual es una barra interior que divide las lagunas del Este y San Francisco. Tiene una extensión de 120 Km (Vera *et al.*, 1987). El río Palizada ha sido, desde finales del siglo XVII, muy importante a nivel comercial, ya que a través de su cauce se ha transportado el palo de tinte, también llamado palo de Brasil, que fue explotado por los europeos durante esa época. El río Palizada desde siempre ha servido como medio de comunicación entre el sureste y las vías que conducen al centro del país.

En cuanto a la variedad de flora y fauna, la región sobre la que se ubica Palizada es de manglares y pantanos, por lo que en ella se extiende una gran biota reflejada en el verde del territorio, como en pocos lugares de la

República Mexicana. En él pueden realizarse actividades ecoturísticas, tales como la observación de aves, delfines y manatíes, navegación en kayak, pesca deportiva, natación, entre otros. El río Palizada desemboca en la laguna de Términos, declarada como área protegida en 1994 y constituye la mayor reserva estuarina de la República Mexicana, comprendiendo 705 016 hectáreas.

La importancia de la vegetación en esta zona por su disponibilidad y abundancia como probable alimento del manatí radica en los estudios de Vera *et al.* (1988), en el que registraron la existencia de grupos vegetales característicos: la vegetación costera está caracterizada por extensos bosques de manglar de *Rizophora mangle* L., *Avicenia germinans* L. y *Laguncularia racemosa* Gaertn (De la Lanza *et al.*, 1993). La vegetación tipo pasto arraigado al fondo es escasa y se encuentran principalmente bosques de manglar, las hidrófitas sumergidas, las hidrófitas libre flotadoras y las hidrófitas litorales (palustres). La distribución de la vegetación sumergida no es homogénea dentro del sistema Palizada cubre cerca del 90 % de la laguna del Vapor, 10 % de la laguna Este.

## Materiales y métodos

En el mes de octubre de 2014 y mayo del 2015 se recorrió el cauce del río a partir de “Boca Chica” (desembocadura en la laguna de Términos) entrando a las lagunas que se encuentran al margen del río Las Coloradas, El Vapor, San Francisco, Punta Cochinitos, río Carrizal y Laguna del Este hasta el poblado de Palizada (figura 1).

Para conocer la distribución y abundancia de los manatíes se utilizaron dos métodos complementarios, el primero de ellos fue realizar transectos con periodicidad mensual a bordo de lanchas con motor fuera de borda entrando desde la laguna de Términos, Con intervalos de un kilómetro se realizaron estaciones de registro de parámetros

ambientales tales como profundidad (ecsonda multiparamétrica), temperatura (ysi), salinidad y refractómetro), turbidez (disco de Secchi), así como una muestra del fondo obteniendo una muestra de sedimentos con draga Van Veen y vegetación, esto con el fin de detectar posibles fuentes de alimento de los manatíes.

Durante los recorridos se contó con dos observadores en la proa de la lancha registrando la presencia de los animales cuando salían a respirar o estaban flotando, equipados con binoculares (10 x 50) para tener registros a mayor distancia. En cada avistamiento se registró la posición geográfica (GPS). Todo el recorrido se realizó a velocidad baja ( $<10 \text{ Km h}^{-1}$ ), para asegurar el registro de los animales y evitar espantar a los individuos. De manera simultánea se realizó un escaneo subacuático con un ecosonda de barrido lateral para registrar los manatíes u otros objetos que se encontraban sumergidos y así ajustar las estimaciones de abundancia relativa.

De igual manera se aplicaron 10 encuestas descriptivas, con 22 preguntas abiertas y cerradas de forma aleatoria entre los pobladores en margen del río Palizada con preguntas relativas al ¿número de organismos observados?, a ¿qué hora era más frecuente verlos? y ¿qué hábitos y actividades observaron en ellos? Estos métodos de observación se han utilizado en ríos de Tabasco (Olivera, 2011) y Chiapas (Rojas *et al.*, 2008); dando buenos resultados. La vegetación asociada a la dieta del manatí fue colectada durante los transectos. Una vez en el laboratorio, se realizaron análisis proximales mediante la extracción y cuantificación de lípidos totales (Folch, 1957; Izquierdo, 2000); extracción y cuantificación de proteínas totales (Lowry *et al.*, 1951); extracción y cuantificación de carbohidratos totales (Dubois *et al.*, 1956); extracción y cuantificación de pigmentos (método de la acetona al 80 %; Lichtenthaler, 1987); determinación de cenizas (AOAC, 1995); y determinación de humedad (AOAC, 1995).

## Resultados

Se realizaron dos recorridos en el río Palizada en octubre del 2014 y en mayo del 2015 (figura 1). No hubo ningún avistamiento de manatí durante las salidas de campo, sin embargo, se localizaron comederos en los márgenes del río, ya que se identificaron huellas de ramoneo en algunas áreas de vegetación (tabla 1).

Los parámetros fisicoquímicos fueron tomados por una sonda multiparamétrica: salinidad 0.2 ppm, pH 8.7, temperatura. 28 °C, conductividad 400  $\mu\text{S}$ , oxígeno disuelto

8.1, turbidez 20. Los resultados granulométricos de los sedimentos colectados indican que son franco arenoso principalmente, con excepción de la muestra P05-14 que se clasifica como arenoso franco (tabla 1). En detalle, se puede observar que el porcentaje de arenas aumenta (figura 2), de la muestra P09-14 (poblado de Palizada) hacia la muestra P01-14 (Boca Del Río).

De igual manera, se tomaron muestras de vegetación ramoneada (*Pontederia cordata*) y asociada a la dieta del manatí (*Typha do-*

| Tabla 1. Puntos de colecta de sedimento y puntos de muestreo de vegetación ramoneada ramoneada en mayo de 2015. |              |          |            |               |             |                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------|------------|---------------|-------------|---------------------------|
| Longitud<br>N                                                                                                   | Latitud<br>O | Muestras | Limos<br>% | Arcillas<br>% | Arenas<br>% | Clasificación<br>textural |
| 18°15'10.19"                                                                                                    | 92° 5'34.09" | P09-14   | 24.802     | 13.145        | 62.054      | Franco arenoso            |
| 18°14'37.74"                                                                                                    | 92° 4'2.71"  | P08-14   | 21.903     | 5.597         | 72.499      | Franco arenoso            |
| 18°15'5.00"                                                                                                     | 92° 1'54.98" | P07-14   | 19.856     | 20.601        | 59.543      | Franco arcilloso          |
| 18°16'10.95"                                                                                                    | 92° 0'23.26" | P06-14   | 46.094     | 5.580         | 48.326      | Franco arenoso            |
| 18°16'57.70"                                                                                                    | 91°58'56.46" | P05-14   | 19.385     | 3.150         | 77.465      | Arenoso franco            |
| 18°17'28.24"                                                                                                    | 91°56'41.21" | P04-14   | 36.792     | 15.453        | 47.756      | Franco arenoso            |
| 18°19'35.38"                                                                                                    | 91°55'31.14" | P03-14   | 28.937     | 10.369        | 60.694      | Franco arenoso            |
| 18°20'53.04"                                                                                                    | 91°52'11.68" | P02-14   | 46.341     | 5.610         | 48.049      | Franco arenoso            |
| 18°23'0.22"                                                                                                     | 91°51'19.25" | P01-14   | 47.100     | 5.702         | 47.199      | Franco arenoso            |
| 18°23'36.91"                                                                                                    | 91°50'27.88" | C1       |            |               |             |                           |
| 18°23'27.91"                                                                                                    | 91°50'36.49" | C2       |            |               |             |                           |
| 18°23'19.44"                                                                                                    | 91°50'44.95" | C3       |            |               |             |                           |

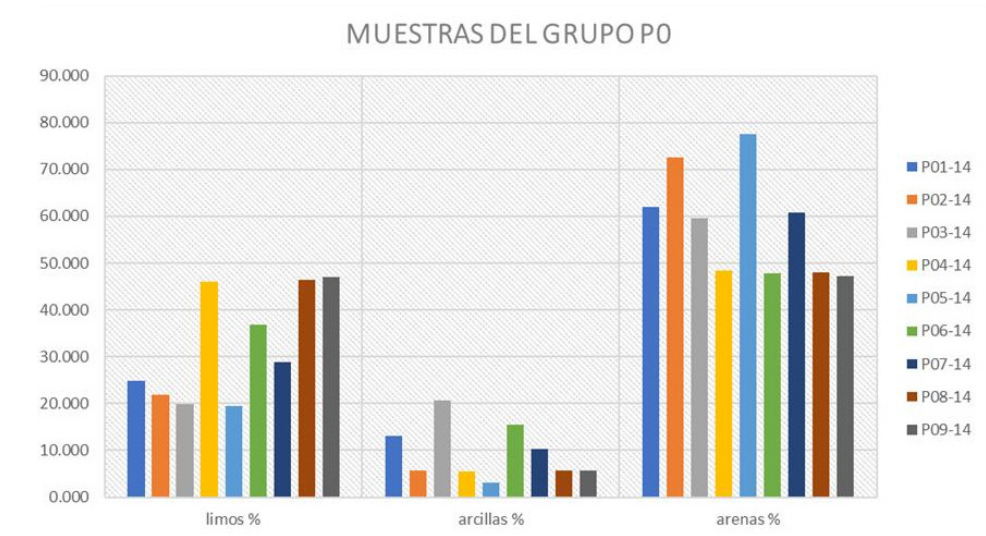


Figura 2. Porcentajes de los principales tamaños de partícula en las muestras de sedimento colectadas.

*minguensis*, *Eichhornia crassipes*) (figura 3); a las cuales se les hicieron análisis proximales para conocer su composición bioquímica. Los resultados muestran que la Pontederia

cordata, la cual muestra huellas de ramoneo, lípidos 33 %, proteína 11.9 %, carbohidratos 3 %, cenizas 10.5 %, humedad 7.5 %.

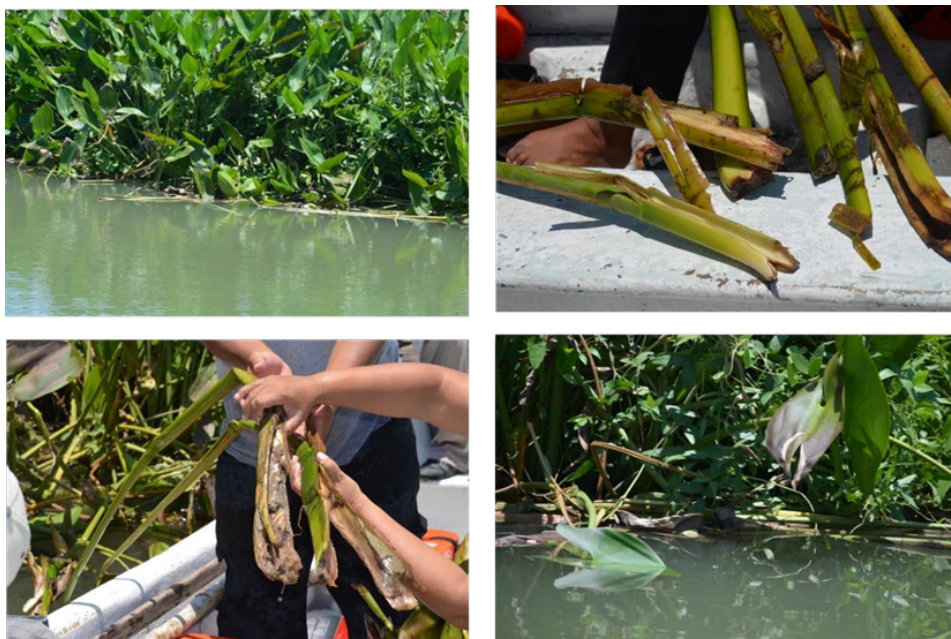
## **Análisis de la composición bioquímica en vegetación**

Dentro de la composición bioquímica de la vegetación (tabla 2) que sirve como alimento al manatí podemos encontrar un porcentaje 24.6 en promedio de lípidos, seguido de un porcentaje medio de 11.7 de proteínas, 3.9 de carbohidratos por lo que se puede establecer que la alimentación del manatí en los márgenes del río palizada sobre todo dentro de la Laguna del Vapor se puede considerar un sitio de conservación para la alimentación del manatí.

## **Actividad antropogénica observada**

A lo largo del río existe mucho tránsito de lanchas, gran actividad pesquera, se pueden observar redes o boyas fijas, estructuras hun-

didas, actividades recreativas, vertimiento de residuos sólidos o líquidos, así como zonas de agricultura y ganadería en los márgenes del río. Se realizaron encuestas a los habitantes que se encuentran al margen del río para conocer algunos hábitos del manatí y abundancia en los últimos años. Solo 10 pobladores, respondieron las encuestas las cuales tenían preguntas acerca de que tan frecuentes eran los avistamientos de grupos pequeños de manatíes a muy tempranas horas por la mañana, antes de que empiece la actividad humana en el río, jugando o alimentándose dependiendo la temporada, siendo más frecuentes en los meses de abril a julio los avistamientos sobretodo de adultos o de pequeños con sus madres al caer la noche. En cuanto al número de manatíes observados, se menciona que ha disminuido en



**Figura 3.** Recolección de vegetación *in situ*.

Tabla 2. Composición bioquímica de la vegetación encontrada.

| Composición bioquímica en la vegetación  |              |                |                    |              |              |
|------------------------------------------|--------------|----------------|--------------------|--------------|--------------|
| Especie                                  | %<br>Lípidos | %<br>Proteínas | %<br>Carbohidratos | %<br>Cenizas | %<br>Humedad |
| Pontederia cordata hojas                 | 33           | 11.9           | 3                  | 10.5         | 7.5          |
| Thypa dominguensis                       | 14           | 13             | 5.9                | 4.2          | 3.2          |
| Eichhornia crassipes                     | 27           | 10.3           | 3.1                | 14.5         | 5            |
| Porcentaje de pigmentos en la vegetación |              |                |                    |              |              |
|                                          | Chl a        | Chl b          | Chl a+b            | C x+c        |              |
| Pontederia cordata tallos                | 2            | 2.75           | 3.4                | 1.15         |              |
| Pontederia cordata hojas                 | 5.7          | 3.8            | 7.6                | 3.07         |              |
| Thypa dominguensis                       | 5.25         | 3.91           | 8.04               | 4.25         |              |
| Eichhornia crassipes                     | 17.1         | 9.67           | 23.2               | 8.99         |              |

los últimos 10 años coincidiendo con el aumento de actividad humana. De igual manera se ha visto una gran cantidad de hoyos a los márgenes del río y una invasión de nidos

de pez diablo (*Pterygoplichthys* spp.) que está ocasionando un desequilibrio natural, causando una situación grave en cuestiones de erosión.

Discusión

En los resultados del análisis sedimentario se observa el aumento relativo en la concentración de limos y la disminución relativa de la concentración de arenas, conforme vamos del poblado de Palizada hacia la desembocadura del río en la laguna de Términos, con excepción de las muestras 07, 05 y 02 donde se tiene mayor concentración relativa de arenas. Se interpreta que en estos lugares del río Palizada, se muestra mayor cantidad de arenas dado que presentan mayor actividad antropogénica en el lecho del río, donde se observó un cambio de uso del suelo en los bordes del río. En estudios recientes con núcleos de sedimentos (Jupin et al., 2023), se observa el efecto de la erosión continental

asociada con el crecimiento demográfico y de las actividades humanas en el río, promovida por cambios en el uso del suelo. En los análisis de la vegetación podemos ver que los porcentajes más altos corresponden a los lípidos (24.6 %), seguidos de las proteínas (11.7 %), y por último, los carbohidratos (3.9 %). Son plantas con alto contenido en fibra y los análisis de clorofila nos dan una idea de la alta calidad que poseen estas especies. Además que están dentro de las mencionadas para la dieta del Manatí Antillano, también son indicadoras de una buena calidad en el agua por lo que también da bastante información sobre las características del hábitat para su conservación.

## Conclusiones

Debido a la gran vulnerabilidad del hábitat de manatí observada, y que va en aumento como consecuencia de la actividad antropogénica y el desequilibrio natural causado por especies invasoras que se están reproduciendo en el río Palizada, se deben hacer es-

trategias para conservar el buen estado de la vegetación, el suelo y la calidad del agua que afecta indirectamente a estas zonas del área natural protegida laguna de Términos y que ayudará a que se conserve la distribución natural del Manatí Antillano en esta zona.

## Recomendaciones

Continuar con los monitoreos y diagnóstico del hábitat de manatí en el río Palizada de manera regular, ya que esta ruta es la que

sigue el manatí en su distribución por el sureste.

## Literatura citada

- AOAC (1995). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- Bonilla, J. y García, A. (1975). Estudio de algunos parámetros químicos en los sedimentos de la Laguna de Campoma. Rev. Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente Cumaná-Venezuela. 55-60.
- Correll, D. S. y M. C. Johnston, (1970). Manual of the vascular plants of Texas. Texas Research Foundation. Renner, Texas
- Dubois M., Gilles K. A., Hamilton J. K., Rebers P. A. and Smith F. (1956). Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Analytical Chemistry*, 28, 350- 356.
- Folch J., Lees M. and Stanley G.H.S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal Biology and Chemistry*, 226, 497-509. Modificado por Izquierdo, información obtenida mediante comunicación personal.
- Fuentes Yaco César, León David Alberto Salas de, Monreal-Gómez María Adela Vera- Herrera Francisco (2001) Forzamiento ambiental en un ecosistema estuarino tropical: el río Palizada en el sur del Golfo de México. *Investigación marina y de agua dulce*, 52, 735-744.
- García, E., (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana, 6th ed. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 246
- García F., M. y Maza M., J. A. (1997). Origen y propiedades de los sedimentos. Capítulo 7. Manual de Ingeniería de Ríos. I. d. I. d. I. U. México. Instituto de Ingeniería de la UNAM. México.
- Geho, E. M., Campbell, D., and Keddy, P. A. (2007). Quantifying ecological filters: the relative impact of herbivory, neighbours, and sediment on an oligohaline marsh. *Oikos*, 116, 1006–16.

- Gleason, H. A. y A. Cronquist, (1991). Manual of the vascular plants of northeastern United States and adjacent Canada. 2a ed. The New York Botanical Garden. Bronx, New York, USA
- Jacome de S., M. y Llanos de B., L. (1990). Estudio de la materia orgánica en los sedimentos del Río Jubones, en el área comprendida entre el puente La Iberia hasta su desembocadura. Acta Oceanográfica del Pacífico. INO-CAR. Ecuador. 6 (1).
- J.L.J. Jupin, A.C. Ruiz-Fernández, A. Sifeddine, J.A. Sanchez-Cabeza, L.H. Pérez- Bernal, J.G. Cardoso-Mohedano, M.A. Gómez-Ponce, J.G. Flores-Trujillo. (2023). Anthropogenic drivers of increasing sediment accumulation in contrasting Mexican mangrove ecosystems. *Catena*, 226, 107037.
- Keddy, P.A. (2010). Wetland Ecology: Principles and Conservation (2nd edition). Cambridge University Press, Cambridge, UK. 497.
- Laing, H. E. (1940). Respiration of the rhizomes of Nuphar advenum and other water plants. *American Journal of Botany*, 27, 574–81.
- Ladrón de Guevara-Porras, Paloma, Guzmán-Blas, Marlen, & Hernández-Nava, José. (2019). Actualización de datos sobre la distribución del manatí (*Trichechus manatus manatus*) en los sistemas fluvio-lagunares que conectan con la laguna de Términos, Campeche, a través de la participación comunitaria. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90, e902433. Epub 27 de mayo de 2019
- Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophyll and carotenoids: Pigments of Photosynthetic biomembranes. *Methods Enzymol*, 148, 350-382.
- Lowry O. H., Rosenbrough N. J., Farr A. L. and Randall R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biology. Chemistry*, 193,265-272.
- Martínez, M., (1979). Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- NatureServe (2006), «Pontederia cordata», NatureServe Explorer: An online encyclopedia of life, Version 6.1., Arlington, Virginia.
- Novelo, A. y L. Ramos, (1998). Pontederiaceae. En: Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski (eds.). Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 63. Instituto de Ecología- Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Rodríguez Zúñiga, M. T., Troche-Souza, C., Vázquez-Lule, A. D., Márquez-Mendoza, J. D., Vázquez-Balderas, B. y Valderrama-Landeros, L. (2013). Manglares de México/ extensión, distribución y monitoreo. México D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski, (2001). Flora fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski, (2004). Manual de Malezas de la Región de Saltillo, Guanajuato. En: Rzedowski, J. y G. Calderón de R. (eds.). Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo complementario XX. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Soria Reinoso Ismael, Alcocer Javier, Oseguera Luis, Cuevas-Lara Daniel y Cortés Daniela. (2020). Concentración y flujo de carbono orgánico a lo largo del río Usumacinta, México. En: Paz, F., A. Velázquez y M. Rojo (Editores). 2019. Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2019. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Centro Nayarita de Innovación y Transferencia de Tecnología, Universidad Autónoma de Nayarit,

- Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Nayarit y Stanford University- México Economía Limpia 2050-USAID. Texcoco, Estado de México, México. ISBN en trámite.
- Vera H., F., J.L. Rojas G. Y A. Yáñez A. (1987). pantanos dulceacuícolas influenciados por la marea en la región de la Laguna de términos: estructura ecológica del sistema fluvio- deltaico del río Palizada. Contribución No. 534 Instituto Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Autónoma de México, México. Sin paginación. Vera H., F., J.L. Rojas G.
- Vera H., F., J.L. Rojas G., c. Fuentes Y., I., Ayala P., H. Álvarez G. y C. Coronado M. (1988). Descripción ecológica del sistema fluvio-lagunar-deltaico del río Palizada. In: A. Yáñez-Arancibia y J. W. Day, Jr., (eds.) Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del Golfo de México: La región de la Laguna de Términos. Universidad autónoma de México, México, pp. 51-88.
- Villaseñor R., J. L. y F. J. Espinosa G., (1998). Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Whigham, Dennis F. and Robert L. Simpson. (1982). Germination and dormancy studies of *Pontederia cordata* L. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 109, 524-528.