

ECOLOGÍA

1. MORFOMETRÍA DE PROPÁGULOS DE *Avicennia germinans* EN ÁREAS CONSERVADAS Y PERTURBADAS DEL SITIO RAMSAR 1602
2. COMUNIDADES PROCARIOTAS DE SEDIMENTOS DE MANGLAR EN ECOSISTEMAS RESTAURADOS DE YUCATÁN, MÉXICO
3. INSECTOS ASOCIADOS A PROPÁGULOS DE *Rhizophora mangle* EN EL MANGLAR TUMILCO, VERACRUZ, MÉXICO
4. HÁBITATS CRÍTICOS: PLAYAS DE REPRODUCCIÓN Y ANIDACIÓN DE LA CACEROLITA DE MAR (*Limulus polyphemus*) EN CHAMPOTÓN, CAMPECHE, MÉXICO
5. MICROBIAL DIVERSITY IN COASTAL MICROBIAL MATS ASSOCIATED TO MANGROVE ECOSYSTEMS IN KARSTIC HABITATS FROM THE YUCATAN PENINSULA, MEXICO
6. GAINS AND LOSSES OF MANGROVE ABOVEGROUND CARBON STOCKS IN RESPONSE TO HYDROLOGIC ALTERATIONS IN SOUTHEASTERN BRAZIL
7. REBIMAR PROGRAM: DO UÇÁ CRAB AND MANGROVE VEGETATION INTERACT?
8. Estado de salud de los manglares de El Gremio, bahía de Nuevitas, Cuba
9. FLUJOS DE AGUA DE BOSQUES DE MANGLAR CHAPARRO DE *Rhizophora mangle* L. EN CELESTÚN, YUCATÁN
10. Efecto del enriquecimiento de nutrientes sobre el crecimiento y folivoría en plántulas de *Avicennia germinans* en un manglar bajo restauración
11. ESTIMACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO DE LOS BIENES Y SERVICIOS QUE PROVEE EL ECOSISTEMA DE MANGLAR DEL PARQUE NACIONAL CAGUANES
12. EVALUACIÓN DE LA LARVICULTURA DE CANGREJO DE MANGLAR (*Ucides occidentalis*) Y SU REPOBLAMIENTO EN LOS MANGLARES DE TUMBES -PERU
13. COSTOS DE LA REHABILITACIÓN DE MANGLARES EN EL GOLFO DE NICOYA, COSTA RICA
14. Factores físico-químicos y la regeneración del manglar en los Humedales Nispero y San Buenaventura-Colorado, Golfo de Nicoya, Costa Rica
15. MANGLAR VIVO, CUBA: COSTOS Y BENEFICIOS DE ACCIONES BASADAS EN ECOSISTEMAS. ANÁLISIS ECONÓMICO-ECOLÓGICO EN COSTA SUR DE ARTEMISA Y MAYABEQUE
16. SEAHIVE: A Shoreline Protection System that Supports Mangrove Ecosystems Restoration and Creation
17. Restauración natural asistida de mangle implementando soluciones basadas en la naturaleza en la zona núcleo de la RBMNN
18. Presentación de la Alianza Mexicana por la Restauración de los Ecosistemas AMERE
19. Hacia una Agenda de Restauración de Manglares en la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Nayarit
20. IMPORTANCIA DE LA PARTICIPACION COMUNITARIA EN LA REHABILITACION ECOLÓGICA DE MANGLARES, GOLFO DE NICOYA, COSTA RICA





Resúmenes

21. EVALUATION OF THE ADULT PUBLIC PERCEPTION ABOUT MANGROVE ECOSYSTEMS ON A WORLDWIDE AND BRAZILIAN SCALES
22. CARBONO AZUL EN MANGLARES DE BORDE Y CUENCA DE UNA RESERVA DE BIÓSFERA INSULAR OCEÁNICA DESPUÉS DEL HURACÁN IOTA
23. BRAZILIAN MANGROVES: BLUE CARBON HOTSPOTS OF NATIONAL AND GLOBAL RELEVANCE TO NATURAL CLIMATE SOLUTIONS
24. RESILIENCIA DEL ECOSISTEMA DE MANGLAR EN EL PARQUE NACIONAL CAGUANES
25. EFFECTS OF HURRICANE IRMA ON MANGROVE FOREST STRUCTURE IN THE FLORIDA EVERGLADES, USA
26. ALMACENES DE CARBONO Y MACRONUTRIENTES EDÁFICOS EN MANGLARES DEL EJIDO EL TARACHI, VERACRUZ
27. CHARACTERISTICS AND SPATIAL DISTRIBUTION OF SEDIMENTARY FACIES IN A MICROTIDAL SUBTROPICAL MANGROVE IN SE BRAZIL
28. DEVELOPMENT OF A DECISION-SUPPORT TOOL FOR PRIORITISING CLIMATE-SMART MANGROVE CONSERVATION AND RESTORATION ACTIVITIES
29. ALMACENES DE CARBONO AZUL EN ECOSISTEMAS DE MANGLAR EN DOS LAGUNAS DEL NOROESTE ÁRIDO DE MÉXICO.
30. MANGROVE BLUE CARBON ESTIMATES IN RELATION TO BIOMASS IN THE YAQUI COAST, NORTHWEST MEXICO.
31. Potencial de almacenamiento de carbono en manglares en diferentes estadios de restauración en el Golfo de Nicoya, Costa Rica
32. Flujos ecohidrológicos verticales en un manglar del noroeste de la Península de Yucatán mediante la técnica de Covarianza de Vórtices
33. FLUJOS DE CH₄ Y CO₂ EN ÁRBOLES DE MANGLAR
34. STORM DAMAGE IN MANGROVE FOREST AT SOUTHEASTERN BRAZILIAN UNESCO AND RAMSAR SITES
35. Emisiones de CH₄ y CO₂ del suelo de manglar bajo restauración ecohidrológica por mortalidad masiva
36. MANGROVE BIOMASS AND CARBON STOCK ASSESSMENT IN KINGSTON HARBOUR, JAMAICA
37. TESTING HOW COASTAL MORPHOLOGY EXPLAINS MANGROVE ECOSYSTEM ECOLOGY: IMPLICATIONS TO GLOBAL ANALYSIS OF MANGROVE BLUE CARBON
38. RELEVANCIA Y FACTIBILIDAD DE UNA RESPUESTA PARA REPARAR DAÑOS Y UN SEGURO PARA MANGLARES ANTE HURACANES EN MÉXICO, FLORIDA Y BAHAMAS.
39. COLOMBIA PIONERO EN DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN, REPLICA Y DISEMINACIÓN DE INICIATIVAS DE CARBONO AZUL EN MANGLARES



INVESTIGATIO

UNA PUBLICACIÓN DE LA UEES
UNIVERSIDAD ESPÍRITU SANTO

ISSN impreso: 1390-6399 | e-ISSN: 2602-8336



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



MORFOMETRÍA DE PROPÁGULOS DE *Avicennia germinans* EN ÁREAS CONSERVADAS Y PERTURBADAS DEL SITIO RAMSAR 1602

Agustín de Jesús Basáñez-Muñoz¹

Heydy González-Gutiérrez¹

Miguel Ángel Cruz-Lucas¹

Celina Naval-Ávila¹

Arturo Serrano¹

¹ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana; Km 7.5 Carretera Tuxpan-Tampico, Colonia Universitaria, C.P. 92895, Tuxpan, Veracruz, México; abasanez@uv.mx

Correspondencia · Corresponding Author

Agustín de Jesús Basáñez-Muñoz

Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana; Km 7.5 Carretera Tuxpan-Tampico, Colonia Universitaria, C.P. 92895, Tuxpan, Veracruz, México

abasanez@uv.mx

INTRODUCCIÓN

La zonificación de las especies de mangle suele estar relacionada con las diferentes estrategias de dispersión de sus frutos y establecimiento de las plántulas (Oste *et al.*, 2015). Los manglares se dispersan debido a dos distintos mecanismos reproductivos, la hidrocoria y la viviparidad. Dos factores poco estudiados que pueden influir el éxito de la dispersión de propágulos y plántulas jóvenes en los manglares, son el tamaño de los propágulos y el daño ocasionado por insectos (Minchinton & Dalby-Ball, 2001). Otro factor como la flotabilidad, también puede contribuir al establecimiento diferencial (Rabinowitz, 1978). En un manglar al norte de Veracruz se observa la presencia de áreas aparentemente no perturbadas, perturbadas y aquellas con mortalidad total de sus individuos, por lo que se plantea la pregunta sobre ¿si existirán diferencias en las medidas morfométricas y de flotabilidad de los propágulos de *Avicennia germinans* con relación a las condiciones de perturbación?

OBJETIVOS

General. Describir la morfometría, densidad y flotabilidad de propágulos de *A. germinans* en sitios con diferentes condiciones de perturbación. **Específico.** Establecer diferencias entre áreas con condiciones de perturbación y conservación con base en características morfométricas, densidad y flotabilidad de propágulos de *A. germinans*.

METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo en el Sitio Ramsar 1602 “Manglares y Humedales de Tuxpan” ubicado en el municipio de Tuxpan, al norte del estado de Veracruz, México. Se realizaron tres transectos perpendiculares a la laguna

de Tampamachoco; dos transectos fueron colocados en áreas con condición de perturbación y un transecto se estableció en un área conservada. En cada transecto, se colocaron trampas de colecta con una separación de 100 m, desde la orilla de la laguna al interior del bosque. En total se colocaron ocho canastas en las áreas con perturbación y ocho en el área conservada. Los propágulos se separaron por condición perturbada y conservada. Cada propágulo fue medido con un vernier, en su longitud y en su anchura. El peso se obtuvo utilizando una báscula semi-analítica de 0.01 g de precisión marca Radwag. Para calcular la densidad se utilizó el principio de Arquímedes. El período de flotabilidad establecido fue de 10 días.

RESULTADOS

Un total de 47 propágulos fueron colectados, correspondiendo 24 al área perturbada y 23 al área conservada. La proporción de propágulos fue de 53 prop./m² para toda el área perturbada y de 55 prop./m² en el área conservada. Al comparar el largo de los propágulos entre las áreas, se tiene una media de 1.91 ±0.29 cm en el área perturbada, y el área conservada se obtuvo de 2.16 ±0.34 cm. La prueba t de student mostró diferencias significativas ($z = 2.6341$; $p = 0.011524$). Con relación al ancho de los propágulos, la prueba U de Mann-Whitney reveló que no se presentan diferencias significativas ($z = 0.7609$; $p = 0.4466$), los valores en el área perturbada fueron de 1.46 ±0.29 cm, para la conservada fue 1.53 ±0.39 cm. Cuando se estimó el peso del propágulo se obtuvieron en el área perturbada un promedio de 1.26 ±0.72 g, para el área conservada de 1.31 ±0.70 g, no se presentan diferencias ($z = 0.3095$; $p = 0.7569$). La densidad de los propágulos fue similar entre las áreas ($z = 0.1044$; $p = 0.3020$). El valor promedio reportado de densidad para el área perturbada fue de 1.01 ±0.30 g/cm³ y de 1.10 ±0.31 g/cm³ para el área conservada. Por último, la flotabilidad expresada en horas, no presentaron diferencias significativas, entre el área perturbada y conservada ($z = 1.1812$; $p = 0.2375$). Al aplicar la Prueba de Spearman las correlaciones se presentaron con un valor de significativo, con relación a la densidad (g/cm³), largo (cm) y ancho (cm). Al hacer un análisis siguiendo el largo de los transectos, se apreció una diferenciación del número de propágulos por metro cuadrado. En el área perturbada, las canastas de los 0 y 100 m (sitios aparentemente no perturbados) tuvieron, en el margen de la laguna hasta 100 prop./m² y a los 100 m de distancia, contabilizaron 50 prop./m², pero las canastas a los 200 y 300 m (sitios con daños severos) se colectaron, en promedio 10 prop./m².

DISCUSIÓN

Con relación al tamaño de los propágulos, McKee (1985) en Belice, comenta que, los propágulos de *A. germinans* son pequeños (1.05 ± 0.01 g de masa fresca), siendo más pesados en el presente trabajo, 1.26 ±0.72 g en el área perturbada y en el área conservada, 1.31 ±0.70 g. Con relación a valores promedio de propágulos de *A. germinans* colectados, McKee (1993) en Belice, encuentra una media de 1.7 ±0.30 cm, con 52 propágulos contabilizados. En el área de estudio, se colectaron 47 propágulos con una media de 2.03 ±0.34 cm, contando con aquellos del área perturbada. Para Sousa *et al.* (2003) en Panamá, se presentaron variaciones de tamaño hasta 3.5 veces en propágulos de *A. germinans*, por lo que determinan una considerable variación intraespecífica en el tamaño de propágulos maduros e inclusive del mismo árbol. En el presente trabajo, la variación se establece en 2 veces en el largo del total de propágulos. Alleman y Hester (2011), al analizar la morfometría de propágulos de *A. germinans* en Mississippi que fueron colectados de los mismos árboles por tres años consecutivos (2005-2007), observaron diferencias en el tamaño de los propágulos concluyendo que el tamaño está más determinado por intensidades de daños causados por disturbios importantes. En áreas perturbadas debe existir un mayor esfuerzo reproductivo, al invertir su energía en la adaptación a la condición ambiental (Grime, 1977). Wang *et al.* (2019) encontraron diferencias en la flotación de propágulos de ocho especies de mangle del indopacífico relacionadas con la densidad (g/cm³).

CONCLUSIONES

Las diferencias entre las áreas, esta daba, más bien por el número de propágulos producidos y no por sus características morfométricas.

REFERENCIAS

- Alleman, L. K. & Hester, M. W. (2011). Reproductive Ecology of Black Mangrove (*Avicennia germinans*) Along the Louisiana Coast: Propagule Production Cycles, Dispersal Limitations, and Establishment Elevations. *Estuaries and Coast*, 34(5):1068-1077
- Grime, J. P. (1977). Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist*, 111(982): 1169-1194.
- Lewis, R.R. & Brown, B. (2014). *Ecological mangrove rehabilitation – a field manual for practitioners*. Version 3. Mangrove Action Project Indonesia, Blue Forests, Canadian International Development Agency, and OXFAM. 275 pp.
- McKee, K. L. (1985). Seedling recruitment patterns in a Belizean mangrove forest: effects of establishment ability and physico-chemical factors. *Oecologia*, 101: 448-460.
- McKee, K. L. (1993). *Determinants of Mangrove Species Distribution in Neotropical Forests: Biotic and Abiotic Factors Affecting Seedling Survival and Growth*. [LSU Historical Dissertations and Theses] 5656. 253 pp.
- Minchinton, T. E. & Dalby-Ball, M. (2001). Frugivory by insects on mangrove propagules: effects on the early life history of *Avicennia marina*. *Oecologia*, 129:243-252.
- Oste, J. (2011). *Growth and structural changes of viviparous mangrove propagules: the effect of environment on dispersal and establishment*. [Tesis de Maestría. Vrije Universiteit. Bruselas]. 76 pp.
- Rabinowitz, D. (1978). Dispersal properties of mangrove propagules. *Biotropica*, 10:47-57.
- Sousa, W. P., Kennedy, P. G. & Mitchell B. J. (2003). Propagule size and predispersal damage by insects affect establishment and early growth of mangrove seedlings. *Oecologia*, 135 (4):564–575.
- Wang, W., Li, X. & Wang, M. (2019). Propagule Dispersal Determines Mangrove Zonation at Intertidal and Estuarine Scales. *Forests* 2019, 10, 245; doi:10.3390/f10030245.

Palabras clave: Esfuerzo reproductivo, estrés, modificación, medidas, viabilidad.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



COMUNIDADES PROCARIOTAS DE SEDIMENTOS DE MANGLAR EN ECOSISTEMAS RESTAURADOS DE YUCATÁN, MÉXICO

Daniel Alberto Esguerra-Rodríguez^{1,2}

Arit S. De Leon-Lorenzana²

Claudia Teutli²

Jorge Herrera-Silveira³

Luisa I. Falcón²

¹ Universidad Nacional Autónoma de México. Doctorado en Ciencias del Mar y Limnología. UMDI-Sisal, Puerto de Abrigo, Sisal, Hunucmá, Yucatán, México C.P. 97351

² Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología, Laboratorio de Ecología Bacteriana.

³ CINVESTAV, Departamento de Recursos del Mar, Mérida.

Correspondencia · Corresponding Author

Daniel Alberto Esguerra-Rodríguez

Universidad Nacional Autónoma de México. Doctorado en Ciencias del Mar y Limnología. UMDI-Sisal, Puerto de Abrigo, Sisal, Hunucmá, Yucatán, México C.P. 97351

danero89@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los manglares son ecosistemas compuestos principalmente por árboles de mangle que transforman la energía del sol en materia orgánica, estos bosques fundamentan complejas redes tróficas dentro del ecosistema (Alongi *et al.*, 1993; Jayadev *et al.*, 2015). Un componente importante, como en la mayoría de los bosques, son los suelos. En el caso de los manglares allí intervienen gran cantidad de microorganismos mediante procesos biogeoquímicos que contribuyen a la mantención del ecosistema, de sus características y servicios (Kathiresan & Bingham, 2001; Flores-Mireles *et al.*, 2007; Sahoo & Dhal, 2009). El microbioma asociado a este ecosistema es único debido a las condiciones ambientales cambiantes, lo cual también propicia diversas rutas metabólicas y de transformación de nutrientes. Por esta razón, conocer las dinámicas ecológicas que se asocian a estos microorganismos es un componente importante en el entendimiento del ecosistema (Andreote, 2012).

La composición de la comunidad microbiana de sedimentos de manglares en las costas de Yucatán ha sido muy poco estudiada. En este estudio se presenta un acercamiento comparativo de las comunidades procariotas de sedimentos de diferentes manglares de la costa yucateca, que han pasado por procesos de restauración.

OBJETIVOS

Describir la composición y diversidad de Bacteria y Arquea en sedimentos asociados a ecosistemas de manglar que han pasado por procesos de restauración en Yucatán.

Determinar si existen diferencias en la composición y diversidad de Bacteria y Arquea en sedimentos de manglares restaurados en comparación con manglares de referencia (degradados y conservados), en diferentes localidades de Yucatán.

Identificar grupos taxonómicos y parámetros ambientales relevantes en la composición y diferenciación de las comunidades procariotas de los sedimentos de manglar estudiados.

METODOLOGÍA

Para cada sitio (Sisal, Progreso, Dzilam y Ria Lagartos) y sus respectivos puntos de referencia de conservación (Conservado, Degradado y Restaurado), se tomaron por triplicado muestras de sedimento asociado a *Rhizophora mangle*, extrayendo núcleos superficiales (10 primeros centímetros).

El análisis de diversidad genética microbiana (Bacteria y Arquea) se llevó a cabo a partir de ADN ambiental, extraído de submuestras de 0.25 g de sedimento de los manglares de estudio. El ADN ambiental se amplificó usando oligos para la región hipervariable V4 (Gómez-Acata et al., 2019), y se secuenciaron amplicones usando la plataforma “IlluminaMiSeq”.

Los análisis bioinformáticos se realizaron siguiendo los protocolos de Valdespino-Castillo *et al.*, 2018 y Yanez-Montalvo *et al.*, 2020. Se agruparon las secuencias en variantes de secuencia de amplicones (ASV's), asignándoles categorías taxonómicas según la biblioteca de genes (“SILVA ribosomal RNA gene database”). Se calcularon índices de diversidad alfa por sitio, abundancias relativas de categorías taxonómicas superiores y análisis de ordenamiento mediante PCoA a partir de distancias “unifrac-weighted”, también se incorporaron variables ambientales representadas como vectores en un ordenamiento CCA.

RESULTADOS

Se encontró que en los manglares de Yucatán una importante proporción de las comunidades microbianas del sedimento está representada en phyla como: Pseudomonadota, Chloroflexi, Bacteroidota, Desulfobacterota, Planctomycetota, Gemmatimonadota, Spirochaetota, Acidobacteriota, Actinobacteriota y Thermoplasmatota. Al evaluar la diversidad alfa en cada una de las localidades estudiadas se pueden observar diferencias significativas entre estados de conservación, excepto en muestras de Progreso.

Análisis de coordenadas principales señalan diferencias entre localidades y entre estados de conservación, estas diferencias se consideraron significativas tras realizar un PERMANOVA. Al evaluar individualmente las localidades se puede observar diferencias significativas entre estados de conservación. Así mismo, se encontró que algunos parámetros podrían estar asociados a las diferencias entre las comunidades procariotas descritas, siendo particularmente relevantes la condición redox, la salinidad, el pH y la temperatura en la diferenciación de comunidades asociadas a manglares con diferente estado de conservación en las localidades de Sisal y Progreso. También, se encontraron algunos grupos taxonómicos que potencialmente distinguen las comunidades de localidades particulares y con diferente estado de conservación, algunos órdenes que se presumen indicarían rasgos particulares de los ecosistemas y potencialmente el estado de conservación son: Anaerolineales, Desulfobacterales, Actinomarinales, Spirochaetales, Rhizobiales, Desulfatiglandales, Nitrosococcales, clados de Chloroflexi, clados de Thermoplasmatota, entre otros.

DISCUSIÓN

Muchos de los taxa procariotas señalados en este estudio, son comunes en sedimentos de manglares de diferentes partes del mundo, algunos de los más abundantes tienen gran diversidad de funciones metabólicas, mientras que otros como Desulfobacterota están fuertemente asociados a la reducción de sulfatos (De Santana *et al.*, 2021; Ma *et al.*, 2020; Jeyanny *et al.*, 2020; Nathan *et al.*, 2020; Purahong *et al.*, 2019; Torres *et al.*, 2019). Por otra parte, los taxa reportados del dominio Archaea suelen ser referenciados en menor medida, algunos phyla reportados en otros estudios coinciden con los encontrados en las muestras de Yucatán y comúnmente son asociados en este ambiente con los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno y del carbono (metabolismo de metano), adicionalmente son asociados con ambientes extremos (termófilos y halófilos) (Dhal *et al.*, 2020; Liao *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2019). Los sedimentos de manglar usualmente presentan una alta diversidad alfa microbiana, esta suele asociarse a particularidades ambientales también ligadas a variación estacional, como, por ejemplo, salinidad, temperatura, disponibilidad de carbono, nitrógeno u otros elementos. También se han descrito mayores índices de diversidad en ambientes prístinos en comparación con ambientes impactados (Ma *et al.*, 2020; Nathan *et al.*, 2020; Paingankar & Deobagkar, 2018).

CONCLUSIONES

La composición taxonómica de procariotas de sedimentos de manglares de Yucatán, presenta grupos que usualmente se describen como importantes contribuyentes a los ciclos biogeoquímicos. La diversidad alfa de procariotas, difieren significativamente entre manglares con disímil estado de conservación. Existen indicios de variabilidad espacial y temporal en la estructura de las comunidades procariotas de los sedimentos de manglar en Yucatán. Se requiere profundizar en los principales componentes que causan diferenciación en las comunidades microbianas de estos ambientes costeros, y en las interacciones entre estas comunidades con su ambiente y con otros componentes bióticos del ecosistema.

REFERENCIAS

- Alongi, D. M., Christoffersen, P. & Tirendi, F. (1993). The influence of forest type on microbial-nutrient relationships in tropical mangrove sediments. *J Exp Mar Bio Ecol*, 171:201–223.
- Andreote, F.D., Jiménez, D.J., Chaves, D., Dias, A.C.F., Luvizotto, D.M., Dini-Andreote, F., Fasanella, C.C., López, M.V., Baena, S., Taketani, R.G. & de Melo, I.S. (2012). The microbiome of Brazilian mangrove sediments as revealed by metagenomics. *PLoS One* 7.
- Dhal, P.K., Kopprio, G.A. & Gärdes A. (2020). Insights on aquatic microbiome of the Indian Sundarbans mangrove areas. *PLoS One*, 15:1–18.
- De Santana, C.O., Spealman, P., Melo, V.M.M.I., Gresham, D., De Jesus, T.B. & Chinalia, F.A. (2021). Effects of tidal influence on the structure and function of prokaryotic communities in the sediments of a pristine Brazilian mangrove. *Biogeosciences*, 18:2259–2273.
- Flores-Mireles, A., Winans, S. & Holguin, G. (2007). Molecular characterization of diazotrophic and denitrifying bacteria associated with mangrove roots. *Appl Environ Microbiol*, 73 (22): 7308–7321.
- Gómez-Acata, E.S., Centeno, C.M. & Falcón, L.I. (2019). Methods for extracting 'omes from microbialites. *J Microbiol Meth*, 160: 1–10.
- Jayadev, A., Lekshman, R. & Parvathy, V.S. (2015). Activity screening of mangrove microbes through a metagenomic approach. *Int J Pure App Biosci*, 3 (4): 202–207.
- Jeyanny, V., Norlia, B., Getha, K., Nur-Nabilah, A., Lee, S.L., Rozita, A., Nashatul-Zaimah, A.Z., Syaliny, G., Ne'ryez, S.R. & Tariq-Mubarak, H. (2020). Bacterial communities in a newly regenerated mangrove forest of sungai haji dorani mangroves in the west coast of Selangor, Malaysia. *J Trop For Sci*, 32:268–282.
- Kathiresan, K. & Bingham, B.L. (2001). Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Adv Mar Biol*, 40: 81–251.
- Liao, S., Wang, Y., Liu, H., Fan, G., Sahu, S.K., Jin, T., Chen, J., Zhang, P., Gram, L., Strube, M.L., Shi, Q., Lee, S.M.Y. & Liu, X. (2020). Deciphering the Microbial Taxonomy and Functionality of Two Diverse Mangrove Ecosystems and Their Potential Abilities To Produce Bioactive Compounds. *mSystems* 5.
- Liu, M., Huang, H., Bao, S. & Tong, Y. (2019). Microbial community structure of soils in Bamenwan mangrove wetland. *Sci Rep*, 9:1–11.
- Ma, J., Zhou, T., Xu, C., Shen, D., Xu, S. & Lin, C. (2020). Spatial and temporal variation in microbial diversity and community structure in a contaminated Mangrove Wetland. *Appl Sci*, 10.
- Nathan, V.K., Vijayan, J. & Ammini, P. (2020). Comparison of bacterial diversity from two mangrove ecosystems from India through metagenomic sequencing: Comparative mangrove bacterial diversity using metagenomics. *Reg Stud Mar Sci*, 35:101184.
- Paingankar, M.S. & Deobagkar, D.D. (2018). Pollution and environmental stressors modulate the microbiome in estuarine mangroves: A metagenome analysis. *Curr Sci*, 115:1525–1535.
- Purahong, W., Sadubsarn, D., Tanunchai, B., Wahdan, S.F.M., Sansupa, C., Noll, M., Wu, Y.T. & Buscot, F. (2019). First insights into the microbiome of a mangrove tree reveal significant differences in taxonomic and functional composition among plant and soil compartments. *Microorganisms*, 7.
- Sahoo, K. & Dhal, N.K. (2009). Potential microbial diversity in mangrove ecosystems: A review. *Indian J Mar Sci*, 38 (2): 249–256.
- Torres, G.G., Figueroa-Galvis, I., Muñoz-García, A., Polanía, J. & Vanegas J. (2019). Potential bacterial bioindicators of urban pollution in mangroves. *Environ Pollut*, 255.
- Valdespino-Castillo, P.M., Hu, P., Merino-Ibarra, M., López-Gómez, L.M., Cerqueda-García, D., González-De Zayas, R., Pi-Puig, T., Lestayo, J.A., Holman, H.Y.N. & Falcón, L.I. (2018). Exploring biogeochemistry and microbial diversity of extant microbialites in Mexico and Cuba. *Front Microbiol*, 9: 510.

COMUNIDADES PROCARIOTAS DE SEDIMENTOS DE MANGLAR EN ECOSISTEMAS RESTAURADOS DE YUCATÁN, MÉXICO

Yanez-Montalvo, A., Gómez-Acata, S., Águila, B., Hernández-Arana, H. & Falcón, L.I. (2020). The microbiome of microbialites in Bacalar lagoon, Mexico. *PLoS One*, 15 (3): e0230071.

Palabras clave: Manglares, sedimentos, diversidad, procariota, comunidades.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



INSECTOS ASOCIADOS A PROPÁGULOS DE *Rhizophora mangle* EN EL MANGLAR TUMILCO, VERACRUZ, MÉXICO

Dankini Mendoza-Zambrano¹

Ivette Alicia Chamorro Florescano¹

Martha L. Baena¹

Agustín de Jesús Basáñez Muñoz¹

¹Universidad Veracruzana, Col. Universitaria, Tuxpan, Veracruz, México.

Correspondencia · Corresponding Author

Dankini Mendoza-Zambrano

Universidad Veracruzana, Col. Universitaria, Tuxpan, Veracruz, México

dankini97@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los manglares son ecosistemas costeros claves por las múltiples funciones ecológicas y servicios ambientales que proveen a la población humana (Kauffman, Donato & Adame, 2013). Estos bosques actúan como refugios naturales para el desarrollo de diversas especies, son sistemas naturales de amortiguamiento contra huracanes, además de su capacidad de almacenamiento de altas cantidades de carbono orgánico en los suelos (Acampora, 2016). A pesar de su importancia y los beneficios mencionados, la barrera protectora del manglar se está perdiendo (Erazo-Álvarez, 2014). Actualmente grandes extensiones de manglar han sido destruidas por factores antrópicos que amenazan su conservación, aunado a esto, se ha demostrado que el estrés al cual están sometidos los vuelve vulnerables ante la presencia de plagas (Carvajal & Santillán, 2019). En este estudio se propuso analizar la riqueza a nivel de orden de los insectos asociados a las galerías construidas por *Coccotrypes rhizophorae* en los propágulos de *Rhizophora mangle*, considerando el antes y después de la dispersión, en tres sitios con diferente grado de perturbación durante la estación de secas y de lluvias en el manglar de Tumulco del estado de Veracruz.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Analizar la riqueza de insectos asociados a *C. rhizophorae* en propágulos de *Rhizophora mangle* antes y después de la dispersión, en sitios con diferente grado de perturbación considerando la estación seca y de lluvia en el manglar de Tumulco, Veracruz.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el número de propágulos de *R. mangle* ocupados por *C. rhizophorae* antes y después de la dispersión, considerando la estación seca y de lluvia en sitios con diferente grado de perturbación en el manglar

- Analizar la relación entre el volumen de las galerías construidas dentro de los propágulos y la abundancia de *C. rhizophorae*, de acuerdo a la estacionalidad y el grado de perturbación de los sitios muestreados.
- Evaluar la riqueza de insectos (a nivel de orden) en función del volumen de las galerías construidas por *C. rhizophorae*, considerando la estacionalidad y el grado de perturbación de los sitios muestreados.

METODOLOGÍA

Se establecieron transectos de 100 m. de largo por 20m de ancho en tres sitios de estudio: 1. Tular, 2. Núcleo, 3. Pastizal. Los muestreos se realizaron dos veces durante la estación seca (marzo-abril) y dos veces en la estación de lluvia (julio-agosto). De cada transecto/sitio, se recolectaron 100 propágulos antes y 100 después de la dispersión, teniendo un total de 600 propágulos por los tres sitios. Se obtuvieron un total de 2,400 propágulos en las dos estaciones. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa R 3.3.3.

RESULTADOS

NÚMERO DE PROPÁGULOS DE *R. MANGLE* OCUPADOS POR *C. RHIZOPHORAE*.

El análisis del Modelo Lineal Generalizado (MLG) reveló que el número de propágulos barrenados fue afectado de manera significativa por la estación y marginalmente significativo por el sitio. La condición (antes y después de ser dispersado) no influyó en el número de propágulos barrenados (Tabla 1).

TABLA 1. Resultados de MLG con distribución Quasi Poisson sobre el número de propágulos de *C. rhizophorae* barrenados en función de la condición (antes o después de la dispersión), estación (seca y lluvia) y sitio (Tular, Pastizal Y Núcleo) de estudio.

Término	LR	Df	P
Condición	1.4824	1	0.223400
Estación	7.3256	1	0.006798 **
Sitio	3.4840	1	0.061966 .

RELACIÓN DEL VOLUMEN DE LAS GALERÍAS EN LOS PROPÁGULOS CON LA ABUNDANCIA DE *C. RHIZOPHORAE*.

El MLG mostró que el volumen de las galerías construidas, dentro de los propágulos fueron afectadas de manera significativa por la abundancia de *C. rhizophorae*, la estación y el sitio no fueron estadísticamente significativas (Tabla 2).

TABLA 2. Resultados de GLM sobre el volumen de las galerías construidas dentro de los propágulos en función de la abundancia de *C. rhizophorae*, estación (seca y lluvia) y sitio (Tular, Pastizal y Núcleo).

Término	LR	Df	P
<i>C. rhizophorae</i>	6.9645	1	0.008314 **
Estación	0.9450	1	0.330986
Sitio	0.1518	1	0.696818

RIQUEZA DE INSECTOS Y EL VOLUMEN DE LAS GALERÍAS DE *C. RHIZOPHORAE*.

El MLG mostró que el volumen está relacionado positivamente con la ocupación de insectos de los órdenes encontrados: Diptera, Lepidoptera y Hymenoptera (Tabla 3).

TABLA 3. Resultados de GLM del efecto del volumen de las galerías construidas dentro de los propágulos, la condición (antes o después de la dispersión), la estación (seca y lluvia) y sitio (Tular, Pastizal y Núcleo) sobre la riqueza de insectos.

<i>Término</i>	<i>LR</i>	<i>Df</i>	<i>P</i>
Volumen	10.608	1	0.001126 **
Condición	20.600	1	0.000005659 **
Estación	21.621	1	0.000003323 **
Sitio	21.668	1	0.000003241 **

DISCUSIÓN

Aunque los estudios acerca de insectos y su afinidad con el manglar son limitados, Cannicci *et al.* (2008) han identificado que entre los insectos que afectan a los propágulos de *R. mangle* está *C. rhizophorae*. Adicional al coleóptero, también se encontraron en este trabajo especies de órdenes como: Diptera, Lepidoptera y Hymenoptera coincidiendo con el trabajo de Baena *et al.* (2020). De manera significativa la infestación de propágulos por *C. rhizophorae* con la mayor cantidad de propágulos se dio durante la estación seca en el área de muestreo.

CONCLUSIONES

Entre los resultados sobresalientes, se destaca que los propágulos fueron mayormente afectados por *C. rhizophorae* y en menor grado por los tres órdenes restantes encontrados, de los tres sitios de estudio, el que tuvo mayor infestación causada por *C. rhizophorae* fue en el sitio Tular, al ser uno de los más alejados del agua, con intervención de una comunidad cercana. Las estaciones (lluvias-secas) influyeron en el incremento de propágulos barrenados de *R. mangle*; así como los sitios de muestreo establecidos en sitios con diferente nivel de perturbación. En cuanto a las galerías el volumen fue una medición más precisa de la cantidad de tejido extraído que varía según conviva con *C. rhizophorae* o con otras especies de insectos. El volumen aumentó conforme era mayor la abundancia de insectos. Estos resultados coinciden con los de Baena *et al.* (2020), los que exponen la importancia de los propágulos para la creación de microambientes donde los insectos completan sus ciclos de vida. Se sugiere que en próximos trabajos se estudien otras estaciones y variables para complementar lo observado y que sea una guía sobre los diferentes órdenes de insectos encontrados y su efecto sobre el daño a *R. mangle*.

REFERENCIAS

- Acampora, B. (2016). *Los manglares como infraestructura verde: el caso de la región metropolitana de Florianópolis, costa Sur de Brasil. A: Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo. "VIII Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, Barcelona-Balneario Camboriú, Junio 2016"*. Barcelona.
- Baena, M. L., Chamorro-Florescano, I. A., Huesca-Domínguez, I. & Delfín-Alfonso, C. A. (2020). Characteristics of Insect Damage in Propagules of Red Mangrove (*Rhizophora mangle*) from the Gulf of Mexico Coast. *Southwestern Entomologist*, 45(1), 175-184.
- Cannicci, S., Burrows, D., Fratini, S., Smith III, T. J., Offenber, J. & Dahdouh-Guebas, F. (2008). Faunal impact on vegetation structure and ecosystem function in mangrove forests. *Aquatic Botany*, 86, 186–200.
- Carvajal, R. y Santillán, R. (2019). Plan de Acción Nacional para la Conservación de los Manglares del Ecuador Continental. <http://conservation.org.ec/wp-content/uploads/2019/07/PAN-Manglares-Ecuador.pdf>
- Erazo-Álvarez, A. B. (2014). Uso Estratégico Del Mangle Para El Desarrollo Turístico En El Cantón San Lorenzo, Provincia De Esmeraldas. [Carrera de Turismo Ecológico. Quito: UCE. 1]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2476>
- Kauffman, B. J., Donato, D. y Adame, M. F. (2013). Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares. Documento de Trabajo 117. Bogor, Indonesia: Cifor

ANEXOS



Palabras clave: *C. rhizophorae*, insectos, manglares, *R. mangle*.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



HÁBITATS CRÍTICOS: PLAYAS DE REPRODUCCIÓN Y ANIDACIÓN DE LA CACEROLITA DE MAR (*Limulus polyphemus*) EN CHAMPOTÓN, CAMPECHE, MÉXICO

Héctor Javier Ortiz-León¹
Carmen Olivia Rosas-Correa²
Sergio Cohuo-Durán¹, Juan José Sandoval-Gío³
Romeo Alejandro Sánchez-Zavalegui¹
Marcela Cime-Ruíz¹

1 Tecnológico Nacional de México/ I.T. de Chetumal, México Av. Insurgentes 330, Chetumal, C.P. 77013, Chetumal, Quintana Roo, México

2 El Colegio de la Frontera Sur-Unidad Chetumal, México.

3 Tecnológico Nacional de México/ I.T. de Tizimin

Correspondencia · Corresponding Author

Héctor Javier Ortiz-León

Tecnológico Nacional de México/ I.T. de Chetumal, México Av. Insurgentes 330, Chetumal, C.P. 77013, Chetumal, Quintana Roo, México

hector.ol@chetumal.tecnm.mx

INTRODUCCIÓN

La cacerolita de mar, *Limulus polyphemus* habita ecosistemas costeros específicos durante su ciclo de vida, como los bosques de *Rhizophora mangle* y planicies costeras en etapas juveniles y en la zona intermareal en estado adulto, ya que ahí lleva a cabo su ciclo reproductivo (Gómez-Aguirre, 1993). El término cada vez más utilizado para definir áreas consideradas clave para la sobrevivencia de una población es “hábitat crítico” siendo principalmente áreas de alimentación y reproducción. El hábitat crítico más importante de la cacerolita de mar para su conservación es la zona intermareal. La cual, se relaciona con playas que presentan pendientes entre 15° a 20° de inclinación, gránulos de arena gruesa y mareas pronunciadas (Brockmann, 1990; Zaldívar-Rae, *et al.* 2009). Dado que son pocas las investigaciones que abordan factores relacionados al hábitat crítico de *L. polyphemus*, se ha encontrado que los factores geoquímicos y erosivos son relevantes en la selección de las playas reproductoras y de anidación.

OBJETIVOS

El objetivo general es caracterizar las playas de agregación de *L. polyphemus*, en tanto que los objetivos específicos son: analizar la relación de la granulometría y la pendiente de playa con el hábitat crítico de *L. polyphemus*, en el centro-sur del Golfo de México en Champotón, Campeche.

METODOLOGÍA

Durante el año 2018 durante las temporadas climáticas de secas y nortes, se eligieron las playas Icahao, Flamenco y Km 148, en el centro-sur del Golfo de México en Champotón, Campeche, en cuya zona intermareal coexiste mangle negro, *Avicennia germinans* y mangle rojo, *R. mangle*. El criterio para la selección de playas se basó en tres aspectos; 1) presencia de cadáveres y/o exuvias, 2) pendiente en la playa y 3) granulometría de la arena. Se realizaron recorridos nocturnos en cada sitio durante 4 h en intervalos de 1 h para determinar la abundancia de los organismos en la zona intermareal. Para obtener las muestras de arena se excavó 30 cm de profundidad con un nucleador. El número de muestras fueron de 2 por sitio siendo 6 en total. Para la valoración de la granulometría se aplicó el protocolo de Wentworth modificado por Román-Sierra, *et al.* (2013). Las muestras de arena se secaron al aire libre, después se pesó 100 g de cada una y se tamizó en una máquina tamizadora vibratoria marca Cole-Parmer por un tiempo de 15 minutos, utilizando seis tamaños de tamiz (14, 20, 30, 45, 100, 200). La pendiente se valoró mediante un clinómetro manual SUUNTO PM-5.

RESULTADOS

Las playas donde se registró una mayor abundancia de cacerolitas de mar fue Icahao con 55 y Flamenco con 46 a diferencia de Km 148 con 19. Se obtuvo un 82 % de arena gruesa para la playa Icahao y un 57% de arena gruesa para la playa Flamenco, presentando ambas un tamaño promedio de gránulos entre 0.5-1 mm, mientras que la playa Km 148 presentó un 51% de arena fina, predominando el gránulo fino con un tamaño promedio de 0.074-0.125 mm. La pendiente de las playas Flamenco e Icahao fue de 18° y 20°, y la de la playa Km 148 de 24°.

DISCUSIÓN

El tamaño de los gránulos de arena con la abundancia de las cacerolitas de mar, presentó una relación directamente proporcional, mientras que el ángulo de la pendiente con la abundancia de las cacerolitas de mar, mostró una relación inversamente proporcional en la zona intermareal. Considerando a Icahao y Flamenco como playas con características más aptas para la reproducción y anidación y por tanto hábitats críticos de las cacerolitas de mar (Rosales-Raya, 1999; Sandoval-Gío, *et al.*, 2018). Se ha mencionado que las cacerolitas de mar pueden detectar, a distancia la naturaleza de los sedimentos para su reproducción (Botton *et al.*, 1988). Por lo cual, la granulometría de las playas cumple un papel fundamental en el establecimiento de los nidos, ya que gránulos de arena mayores a 0.5 mm permiten un óptimo flujo de oxígeno en los nidos (Botton *et al.*, 1988; James-Pirri, 2012; Rosales-Raya, 1999), mientras que pendientes mayores a 15° evitan que el sustrato de la zona intermareal se sature de agua, reduciendo así la anoxia y la falta de adecuación para el desarrollo del huevo, (Botton *et al.*, 1988; Rosales-Raya, 1999). Aunque hay presencia principalmente de mangle negro, *A. germinans* en la zona intermareal de algunas playas de Champotón, esto no modifica las características del sustrato y es factible observar anidación en esos sitios.

CONCLUSIONES

El hábitat crítico de las cacerolitas de mar en Champotón, se caracteriza por presentar gránulos de arena gruesa de 0.5-1 mm y una pendiente de playa entre 18° a 20°. La granulometría y la pendiente de playa tienen un papel importante en el ciclo reproductivo de *L. polyphemus* y permite identificar playas que funcionan como hábitat crítico de reproducción.

REFERENCIAS

- Botton, M. L., R. E. Loveland & T. R. Jacobsen. (1988). Beach erosion and geochemical factors influence on spawning success of horseshoe crabs (*Limulus polyphemus*) in Delaware Bay. *Mar. Bull.*, 99 (3): 325-332.
- Brockmann, H. J. (1990). Mating behavior of horseshoe crabs, *Limulus polyphemus*. *Behaviour*, 114(1-4), 206-220.
- Gómez-Aguirre, S. (1993). Cacerolita de mar (*Limulus polyphemus* L.) en la Península de Yucatán. En: *Biodiversidad marina y costera de México*, S. I. Salazar-Vallejo and N. E., González (eds.). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865.
- James-Pirri, M. J. (2012). Assessment of spawning horseshoe crabs (*Limulus polyphemus*) at Cape Cod National Seashore, 2008-2009. Natural Resource Technical Report NPS/CACO/NRTR-2012/573. National Park Service, Fort Collins, Colorado.

HÁBITATS CRÍTICOS: PLAYAS DE REPRODUCCIÓN Y ANIDACIÓN DE LA CACEROLITA DE MAR (*Limulus polyphemus*) EN CHAMPOTÓN, CAMPECHE, MÉXICO

- Román-Sierra, J., Navarro-Pons, M., Gómez-Pina, G., y Muñoz-Pérez, J. J. (2013). *Optimización del análisis del tamaño de grano de arenas costeras*. Universidad de Cádiz.
- Rosales-Raya, M. (1999). *Caracterización ambiental de sitios de anidación de Limulus polyphemus L.: Estudio en Isla Aguada, Isla Pájaros, Cabrera e Icahao, Campeche, México (1990–1992)*. [Unpublished Master's Thesis. Facultad de Ciencias.UNAM].
- Sandoval-Gío, J. J., Zamora-Bustillos, R., Avilés-Ramírez, G. A., Ortiz-León, H. J. & Rosas Correa, C. O. (2018). First report of a spawning site of *Limulus polyphemus* at Ría Lagartos Biosphere Reserve, Yucatán, México. *Revista Bio Ciencias*, 5: 1-8
- Wentworth, C. K. (1922). A Scale Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *The Journal of Geology*, 30(5), 377-392.
- Sánchez-Zavalegui, R. A., Ortiz-León H. J., Cime-Ruíz, M., Cohuo-Durán, S., & Rosas-Correa, C. O. (2022). Critical Habitats: Reproduction and Nesting Beaches of the Horseshoe Crab (*Limulus polyphemus*) in Champotón, Campeche, México. *Oceanogr Fish Open Access J*, 14(4): 1-3.
- Zaldívar-Rae, J., Sapién-Silva, R. E., Rosales-Raya, M., & Brockmann, H. J. (2009). American Horseshoe Crabs, *Limulus polyphemus*, in Mexico: Open Possibilities. In: *Biology and Conservation of Horseshoe Crabs*. J.T. Tanacredi et al. (eds.). *Springer USA*, 97-113.

Palabras clave: *Limulus polyphemus*; intermareal; pendiente; granulometría.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



MICROBIAL DIVERSITY IN COASTAL MICROBIAL MATS ASSOCIATED TO MANGROVE ECOSYSTEMS IN KARSTIC HABITATS FROM THE YUCATAN PENINSULA, MEXICO

Santiago Cadena¹

Claudia Teutli-Hernández²

Jorge A. Herrera-Silveira³

M. Leopoldina Aguirre-Macedo³

Luisa I. Falcón⁴

José Q. García-Maldonado^{3*}

¹Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, Mexico

²Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Unidad Sisal, Universidad Nacional Autónoma de México, Hunucmá, Yucatan, Mexico

³Centro de Investigación y de Estudios Avanzados Del Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Recursos Del Mar, Unidad Mérida, Yucatan, Mexico

⁴Departamento de Ecología Evolutiva, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, Mexico

Correspondencia · Corresponding Author

José Q. García-Maldonado

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados Del Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Recursos Del Mar, Unidad Mérida, Yucatan, Mexico

jose.garcia@cinvestav.mx

INTRODUCTION

Microbial mats are complex associations of several functional groups of microbes that grow on a solid substrate. Mats can occur in a wide variety of aquatic ecosystems, such as hot springs, hypersaline ponds, alkaline lakes, and coastal intertidal sediments near to mangrove forest. Microbial mats are ecologically relevant in coastal environments. They contribute to the stabilization of soils and sediments, producing organic materials that enrich the sediment with nutrients (Stal, 2001). Different types of coastal microbial mats have been reported, but karstic environments have been relatively less studied compared to other ecosystems around the world.

Karst is defined as a special type of landscape containing caves and underground water that developed on soluble rocks, such as limestone, marble, dolomite, and gypsum. The Yucatán Peninsula (YP) is one of the most extensive karst systems known on the planet. The climatic regime has three defined seasons: dry (March-June), rainy (July-October) and north-winds season (November-February) (Herrera-Silveira & Ramírez-Ramírez, 1998). The coastal characteristics of the YP permits the formation of shallow, swampy, brackish-to-saline estuaries along the shoreline. Even though all those environmental conditions are promising for the development of coastal microbial mats, there is not current information on these ecosystems at the YP.

OBJETIVE

The objective of this work was to explore and characterize the prokaryotic community structure and composition of microbial mats from the Yucatán Peninsula.

METHODS

Microbial mats were collected in May 2019 from coastal zones located at Sisal, Progreso, y Ría Lagartos, Yucatan, Mexico. Surficial mat cores (8 cm width × 8 cm length, 3–5 cm depth) were sampled to obtain 9 representative samples per locality. Some physicochemical variables, such as salinity, temperature, pH and redox potential were measured *in situ* from interstitial water with a portable multi-parameter analyzer.

Environmental DNA from each locality was extracted from 0.25 g of microbial mat sample. 16S rRNA gene fragments from Bacteria and Archaea were amplified using the universal primers sets 515F-Y and 926R. Metagenomic libraries were constructed and then, amplicons were sequenced on a Miseq platform. Reads were further analyzed with QIIME2 to characterize the community structure and composition of microbial mats.

RESULTS

Different types of microbial mats were found, denominated as floating, pustular, and flat mats. Salinity from studied sites ranged between 2.2‰ and 9.8 ‰. The lowest salinity measurements corresponded to Sisal, while the higher salinity occurred at Ría Lagartos. Interestingly, microbial mats were located close to degraded and restored mangrove habitats.

Principal Coordinates Analysis based on retrieved sequences showed that microbial community structure from mats were different among the different localities. The PERMANOVA analysis suggested that salinity, temperature, and redox potential, were of statistical significance, explaining 17%, 13% and 10% of the variance of microbial communities, respectively.

Detected archaeal communities were affiliated to 9 phyla, being Halobacterota, Nanoarchaeota, Asgardarchaeota and Thermoplasmata the best represented. Bacterial biodiversity was related to 39 phyla, but the bacterial community composition was dominated by five taxa: Bacteroidetes, Proteobacteria, Chloroflexi, Planctomycetota and Cyanobacteria. In addition, Linear Discriminant Analysis allowed to determine specific taxa associated to each type of microbial mat.

DISCUSSION

Benthic microbial mats are laminated systems that usually grow in flat formations, also known as smooth mats (Franks & Stolz, 2009). This type of macrostructure was common in Progreso and Ría Lagartos. In contrast with flat mats, based on their surface morphology, pustular mats have an amorphous, gelatinous, tufted structure. Pustular microbial mats were only found in Progreso, associated to mangroves in restoration. Microbial mats are frequently found over sedimentary surfaces; however, physical disruption originated by temperature, gas production or flooding can promote the release of the mat from the sediment, turning it into a floating mass in water (Allen et al., 2009). Floating mats were occurring at Sisal associated to degraded mangrove forest. Microbial diversity of microbial mats was associated with the maintenance of biogeochemical cycles such as carbon, nitrogen, and sulfur.

CONCLUSIONS

In this study, we report for the first time the prevalence of coastal microbial mats in four locations of the Yucatán Peninsula. Different types of microbial macrostructures were found to be associated with degraded and restored mangrove habitats. This work reports on the distribution, environmental characteristics, and microbial biodiversity of coastal microbial mats in karstic ecosystems, which contributes to the knowledge on microbial ecosystems in coastal habitats.

REFERENCES

- Allen, M. A., Goh, F., Burns, B. P., & Neilan, B. A. (2009). Bacterial, archaeal and eukaryotic diversity of smooth and pustular microbial mat communities in the hypersaline lagoon of Shark Bay. *Geobiology*, 7(1), 82-96.
- Franks J. & Stolz J.F. (2009). Flat laminated microbial mat communities. *Earth Science Reviews*, 96:163–172.
- Herrera-Silveira J.A. & Ramirez-Ramirez J. (1998). Salinity and nutrients in the coastal lagoons of Yucatan, Mexico. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 26:1473–1478.

MICROBIAL DIVERSITY IN COASTAL MICROBIAL MATS ASSOCIATED TO MANGROVE ECOSYSTEMS IN KARSTIC HABITATS FROM THE YUCATAN PENINSULA, MEXICO

Stal L.J. (2001). Coastal microbial mats: The physiology of a small-scale ecosystem. *South African Journal of Botany*, 67:399–410.

Keywords: Mangrove.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



GAINS AND LOSSES OF MANGROVE ABOVEGROUND CARBON STOCKS IN RESPONSE TO HYDROLOGIC ALTERATIONS IN SOUTHEASTERN BRAZIL

Marina Paixão Gil¹

Marília Cunha-Lignon¹

André Scarlate Rovai²

¹Universidade Estadual Paulista (Brazil)

²Louisiana State University (USA).

Correspondencia · Corresponding Author

Marina Paixão Gil

Universidade Estadual Paulista (Brazil)

marina.paixao@unesp.br

INTRODUCTION

Brazilian mangroves account for 10% of the global accumulation of carbon in woody biomass (Rovai *et al.*, 2022). The mangroves of the Cananéia-Iguape Coastal System are situated in Southeastern Brazil and have relatively high ecosystem-level carbon stocks in comparison with other mangrove areas in the country (Rovai *et al.*, 2021a). However, hydrologic changes in the Cananéia-Iguape Coastal System northern sector have reduced the capacity of mangroves to store carbon in biomass. Here we quantified the loss in mangrove aboveground carbon stocks due to legacy effects of hydrological changes in the Cananéia-Iguape Coastal System.

OBJECTIVES

Compare the temporal variation of mangrove aboveground carbon stocks in response to different conservation status in the Cananéia-Iguape Coastal System (Southeastern Brazil).

METHODS

This study was carried out in the Cananéia-Iguape Coastal System, southern coast of São Paulo (Brazil; 24°40'S-25°20'S).

GAINS AND LOSSES OF MANGROVE ABOVEGROUND CARBON STOCKS IN RESPONSE TO HYDROLOGIC ALTERATIONS IN SOUTHEASTERN BRAZIL



Figure 1. Study area location, highlighting the sites: VG1, VG2 (northern sector), NO1, and SG1 (southern sector).

Mangrove forest structure data used in this study were retrieved from the 'Integrated Mangrove Monitoring' database (<http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/7663628607577460>). Permanent plots were selected in mangrove forests in the northern and southern sectors of the Cananéia-Iguape coastal system (Figure 1), considering two temporal periods (July 2011 and October 2020). Each sector was represented by two sites containing three permanent plots each, totaling six permanent plots in each sector per year.

Carbon stocks in aboveground bio- and necromass were estimated using species-specific allometric equations and biomass-to-carbon conversion factors (Rodrigues *et al.*, 2015). The difference between carbon stock values obtained for the years 2011 and 2020 was used to estimate carbon gain and loss in mangrove aboveground biomass.

RESULTS

Mean ($\pm 1SE$) aboveground biomass was higher than necromass at all sites (Figure 2).

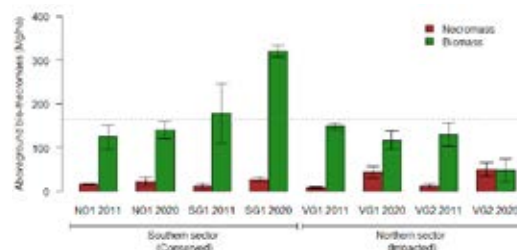


Figure 2. Mangrove aboveground bio- and necromass in the study area. The dotted line indicates the global mean of 164 Mg/ha (from Rovai *et al.*, 2021b).

In the northern sector (impacted), there was a reduction in biomass values and an increase in necromass values from 2011 to 2020 (Table 1). In the southern sector (conserved), there was an increase in biomass values and an increase in necromass values over time (Table 1).

Table 1. Percent change in aboveground bio- and necromass between the years 2011 and 2020.

Site	Compartment	Year	Dry mass (Mg/ha)	Percent change (%)
VG1 Impacted	Necromass	2011	9.24	374
		2020	43.81	
	Biomass	2011	148.40	-21.1
		2020	117.08	
VG2 Impacted	Necromass	2011	12.57	300.8
		2020	50.40	
	Biomass	2011	129.41	-62.4
		2020	48.64	
NO1 Conserved	Necromass	2011	17.51	32.7
		2020	23.23	
	Biomass	2011	124.95	12.4
		2020	140.47	
SG1 Conserved	Necromass	2011	11.91	133.3
		2020	27.78	
	Biomass	2011	179.13	78.5
		2020	319.67	

DISCUSSION

Cananéia-Iguape Coastal System northern sector mangroves were subjected to hydrological changes that have caused serious environmental and social impacts (Prado *et al.*, 2019). Due to this anthropic alteration, a considerable increase in mangrove necromass and a decrease in biomass have occurred in this part of the system (Table 1).

On average, aboveground biomass in the conserved area for 2020 was 230 Mg/ha, which is higher than Amazonian mangroves estimates (159 Mg/ha) and northeastern semi-arid mangroves (72 Mg/ha) (Kauffman *et al.*, 2018).

Mean global mangrove aboveground biomass was estimated at 164 Mg/ha (Rovai *et al.*, 2021b). Our aboveground biomass estimates for 2020 ranged from 86.77 to 319.67 Mg/ha at the conserved sites (Table 1). This area features healthy, conserved forests, with intermediate to advanced structural development and is in the protected area “Ilha do Cardoso State Park” (São Paulo, 1962).

CONCLUSIONS

Between 2011 and 2020 the two sites in the northern sector (impacted area) had a decrease in biomass and a significant increase in necromass (374% and 301%). On the other hand, sites in the southern sector (conserved area) had an increase in biomass (12% and 76%) and a relatively smaller increase in necromass over time.

The current study reinforces the importance of programs and public policies for the conservation of mangroves and efficient proposals to reduce human impacts on mangroves. Furthermore, our results contribute to the generation of carbon emission factors resulting from hydrological changes in mangrove ecosystems.

FUNDING

This study was supported by the *Fundação Grupo Boticário and the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*, Brazil.

REFERENCES

- Kauffman, J. B., Bernardino, A. F., Ferreira, T. O., Giovannoni, L. R. de O., Gomes, L. E., Romero, D. J., Jimenez, L. C. Z., & Ruiz, F. (2018). Carbon stocks of mangroves and salt marshes of the Amazon region, Brazil. *Biol. Lett.*, 14.
- Prado, H. M., Schlindwein, M. N., Murrieta, R. S. S., Nascimento, D. R. D., Souza, E. P. D., Cunha-Lignon, M., & Contente, R. F. (2019). The Valo Grande channel in the Cananéia-Iguape estuary-lagoon complex (Sp, Brazil): Environmental history, ecology, and future perspectives. *Ambiente & Sociedade*, 22.
- Rodrigues, D. P., Hamacher, C., Estrada, G. C. D., & Soares, M. L. G. (2015). Variability of carbon content in mangrove species: Effect of species, compartments and tidal frequency. *Aquatic Botany*, 120, 346-351.
- Rovai, A. S., Coelho-Jr, C., De Almeida, R., Cunha-Lignon, M., Menghini, R. P., Twilley, R. R., & Schaeffer-Novelli, Y. (2021a). Ecosystem-level carbon stocks and sequestration rates in mangroves in the Cananéia-Iguape lagoon estuarine system, southeastern Brazil. *Forest Ecology and Management*, v. 479, P. 118553.
- Rovai, A. S., Twilley, R. R., Castañeda-Moya, E., Midway, S. R.; Friess, D. A., Trettin, C. C., & Riul, P. (2021b). Macroecological patterns of forest structure and allometric scaling in mangrove forests. *Global Ecology and Biogeography*, 30(5), 1000-1013.
- Rovai, A. S., Twilley, R. R., Worthington, T. A. & Riul, P. (2022). Brazilian mangroves: Blue carbon hotspots of national and global relevance to natural climate solutions. *Frontiers In Forests and Global Change*, P. 217.
- São Paulo (1962). Decreto nº 40.319, de 03/07/1962. Dispõe sobre a criação do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, em Cananéia. São Paulo: Diário do Executivo. <https://www.al.sp.gov.br/norma/94765>. Accessed on: 27 March 2022.

Keywords: Blue Carbon, climate change, human pressures, basal area, necromass.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



REBIMAR PROGRAM: DO UÇÁ CRAB AND MANGROVE VEGETATION INTERACT?

Cassiana Baptista Metri¹

Rafael Metri¹

Gabriel Antonio do Rosario Gonçalves¹

Sarah Charlier-Sarubo²

Marília Cunha-Lignon³

¹Universidade Estadual do Paraná (Brazil),

²Universidade Federal do Paraná (Brazil)

³Universidade Estadual Paulista (Brazil)

Correspondencia · Corresponding Author

Cassiana Baptista Metri

Universidade Estadual do Paraná (Brazil)

cassiana.metri@unespar.edu.br

INTRODUCTION

Ucides cordatus is a crab endemic to mangroves, building its galleries in the sediment and between mangrove roots (Pinheiro & Almeida, 2015). Several factors can affect the population structure and density of crabs, such as the structure of forests, type of sediment, and tidal influence, as well as the mangrove conservation conditions (Pinheiro *et al.*, 2018).

Mangroves can be classified into two physiographic types: fringe and basin (Schaeffer-Novelli *et al.*, 2000). Fringe forests are located at the edges of water bodies (estuaries, rivers, and bays) and are frequently flooded by tides. Whereas basin forests occur in inland areas that are less frequently flooded by tides and where an accumulation of organic matter and anoxia can be found in the sediment (Cintrón *et al.*, 1985).

The current study is part of the REBIMAR program that has been studying abiotic variables in the mangroves acting on crabs of São Paulo and Paraná states (Brazil).

OBJECTIVES

The current study defines if there are interactions between mangrove forests and uçá crab *U. cordatus* in São Paulo and Paraná states (Brazil).

METHODS

The monitoring was carried out in nine sites, among which three are in São Paulo state and six are in Paraná state (Figure 1), considering two physiographic types (fringe, and basin).

The mangrove forest vegetation structures were monitored in September 2020, following the methodology suggested by Schaeffer-Novelli *et al.* (2015), using permanent plots. The size of permanent plots varied according to stem density. To register the interstitial salinity in mangrove sites, the sediment located in each

permanent plot was sampled, using a sampler measuring 1m in length. Using an optical refractometer, the salinity of the sediment was read at 10cm depth.

To estimate the density of uçá crab, all crab burrows were counted and measured in a 5 x 5m² quadrant in October 2020. This was repeated 5 times on fringe and 5 times in basin of all nine mangroves sites. All galleries measured were converted in crab width (Pinheiro & Almeida, 2015).

The data of crabs mangroves forests and physiography were submitted to ANOVA and the association between variables was verified using Spearman's correlation.

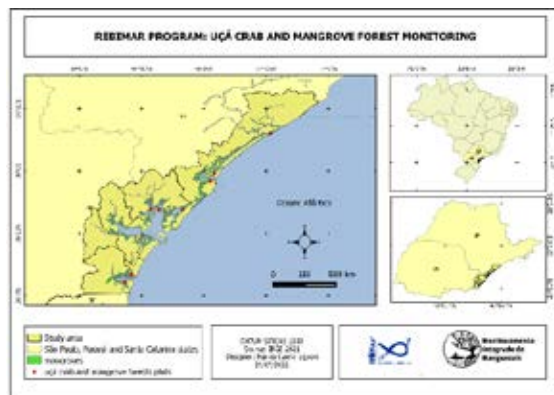


Figure 1. Study area location.

RESULTS

Information about the vegetation structure is shown in Table 1. *Rhizophora mangle* was the mangrove species most frequent in the monitored sites, particularly in basin areas.

The interstitial salinity varied according to site location, with freshwater or tidal contributions (Table 1).

A total of 5,189 were counted. The burrow density varied from 1.04 to 3.15 (Figure 2). It was different among mangroves sites ($F= 14.3, p= 2.65e^{-12}$) but was similar between fringe and basins ($F= 0.4, p= 0.538$).

A total of 2,622 burrows were measured and it was possible to determine that mangroves in the same region showed differences between the average sizes of crabs ($F= 7, p= 8.31e^{-07}$), but not between fringe and basin ($F=0,1, p= 0.701$).

The density of crabs and carapace width showed differences between sites in São Paulo and Paraná states ($F= 14,38, p>0,05$), but not between fringe and basin areas ($F= 0,38, p<0,05$) (Figure 2). The largest crabs were found at the sites where the density was the lower ($r= -0,42$), evidencing that crab tends to be territorial.

Of the environmental variables obtained, salinity seems to have a relationship, albeit weak, with the number of open crab burrows ($r=-0.5$). No mangrove species appears to significantly influence crabs individually.

Table 1. Vegetation structure characteristics and interstitial salinity in fringe and basin sites. Rh: *Rhizophora mangle*, Lg: *Laguncularia racemosa*; Av: *Avicennia schaueriana*. SP: São Paulo state; PR: Paraná state

site	spp vegetation dominance		Salinity	
	fringe	basin	fringe	basin
ICA SP	Rh	Rh	16	28
NO SP	Lg	Rh	27	36
PEIC SP	Rh	Rh	32	29
PARNA PR	Rh	Rh	18	21
ESEC PR	Av / Lg	Rh	16	16
RPPN PR	Rh	Rh	24	14
PGUA PR	Rh	Av	21	22
GUA1 PR	Lg	Av	26	21
GUA2 PR	Lg	Lg	26	20



Figure 2. Density and carapace width estimated of crabs in each mangrove site.

DISCUSSION

Despite some differences observed between the uçá crab variables, the absence of a clear latitudinal pattern of crab size and density reveals that uçá crab is more influenced by local factors. Anthropogenic activities such as fishery and mangrove degradation could also influence crab density (Pinheiro *et al.*, 2018).

Although the overall distribution of *U. cordatus* has been attributed to biological factors, such as mangrove characteristics and pneumatophore density, most of these factors cannot explain spatial variations in burrow densities at small scales. Additionally, density comparisons among mangroves of different typologies may possibly be confused (Sandrini-Neto & Lana, 2012).

CONCLUSIONS

The current study didn't find interactions between mangrove forests and uçá crab *U. cordatus* using the following variables: vegetation structure characteristics, interstitial salinity, crab density, and carapace width. Each mangrove site has its particularity, continuous monitoring is important to assess the behavior of these environmental conditions over time.

FUNDING

The REBIMAR Program is executed by Associação MarBrasil supported by Petrobras Socioambiental Program (Brazil).

REFERENCES

- Cintrón G., Lugo, A. E. and Martinez, R. (1985). Structure & functional properties of mangrove forest. In: D'Arcy, W.G. and Correa, M.D. (eds.), *The Botany and Natural History of Panama*. Missouri Botanical Garden, St. Louis, Missouri, pp. 53-66
- Pinheiro M. A. A. & Almeida R. (2015). Monitoramento da densidade e da estrutura populacional do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura: Ucididae). In: Turra A., Denadai M. R. (Orgs.). *Protocolos para o Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - ReBentos*. IOUSP. cap. 10, p. 118-129.
- Pinheiro M. A. A., Souza M. R., Santos L.C.M. & Fontes R. E. C. (2018). Density, abundance and extractive potential of the mangrove crab, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ocypodidae): subsidies for fishery management. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90:1381-1395
- Sandrini-Neto L. & Lana P. C. (2012). Distribution patterns of the crab *Ucides cordatus* (Brachyura, Ucididae) at different spatial scales in subtropical mangroves of Paranaguá Bay (southern Brazil). *Helgoland Marine Research*, 66.2 (2012): 167-174.
- Schaeffer-Novelli, Y., Vale, C. C. D., & Cintrón, G. (2015). Monitoramento do Ecosistema Manguezal: Estrutura e Características Funcionais. Turra A., Denadai M. R. (Orgs.). *Protocolos para o Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - ReBentos*. IOUSP, cap. 4, p. 62-80.
- Schaeffer-Novelli Y., Cintrón-Molero G., Soares, M. L. G. & DeRosa T. (2000). Brazilian mangroves. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 3: 561-570.

Keywords: *Ucides cordatus*, monitoring, density, structure vegetation.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



ESTADO DE SALUD DE LOS MANGLARES DE EL GREMIO, BAHÍA DE NUEVITAS, CUBA

Omilcar Barrio-Valdés¹

Nereida Junco Garzón¹

Mailén Ramírez Ruiz¹

Misleidy Valier Labañino²

¹Centro de Investigaciones del Medio Ambiente Camagüey, Cisneros 105 Altos, Camagüey, Cuba.

²UEB Flora y Fauna Nuevitas, Empresa Provincial para la Protección de la Flora y la Fauna.

Correspondencia · Corresponding Author

Omilcar Barrio-Valdés

Centro de Investigaciones del Medio Ambiente Camagüey, Cisneros 105 Altos, Camagüey, Cuba.

omilcar@cimac.cu

INTRODUCCIÓN

Los manglares de El Gremio, constituyen un manglar de gran importancia por sus servicios ecosistémicos a los pobladores de la ciudad de Nuevitas. Estos constituyen la primera línea de defensa contra eventos hidrometeorológicos extremos y la intrusión salina para las áreas agrícolas, así como para asentamientos humanos como el de Santa Rita. Durante la proximidad de ciclones es el sitio de refugio de embarcaciones marinas para la pesca. Por otra parte son fuente de recursos madereros, y de pesca de subsistencia de productos como moluscos, crustáceos y peces. El Gremio forma parte del área protegida del refugio de fauna Cayo Ballenatos y manglares de la bahía de Nuevitas, y alberga importante biodiversidad, algunas amenazadas de extinción como el Cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) y el Gavilán Batista (*Buteogallus gundlachi*) (González *et al.*, 2012).

Por su cercanía a la ciudad de Nuevitas el manglar El Gremio está sometido a diversas amenazas antrópicas, las cuales en sinergia con perturbaciones naturales recientes, como el paso del huracán Irma en el 2017, han incidido, sin duda, negativamente sobre la estructura y estado del ecosistema. En el futuro estos humedales podrían ser afectados por el ascenso promedio del nivel del mar (Planos-Gutiérrez y Gutiérrez-Pérez, 2020). No obstante se desconoce la magnitud de los cambios ocurridos sobre el manglar, así como la vulnerabilidad frente al cambio climático, lo que incide en dificultades para su gestión adecuada.

OBJETIVOS

- Actualizar el estado de salud de este ecosistema de manglar en El Gremio.
- Proveer de una línea base para evaluaciones futuras de cambio en el ecosistema por amenazas y/o la efectividad de acciones de manejo.
- Evaluar la vulnerabilidad del manglar El Gremio al cambio climático.

METODOLOGÍA

La medición de los atributos estructurales del manglar fue entre febrero y mayo del 2021, según la metodología de Guzmán y Menéndez (2013), Torres *et al.* (2017) y Rodríguez-Zúñiga *et al.* (2018). La vulnerabilidad al cambio climático se evaluó según Ellison, 2012.

DISEÑO Y ÁREA DE ESTUDIO

Los manglares de El Gremio (65 ha) se encuentran en el extremo Noroeste del refugio de fauna Cayo Ballenatos y manglares de la bahía de Nuevitas. Para evaluar la estructura del manglar se seleccionaron 15 parcelas circulares de 100 m², dispuestas a lo largo de cinco transectos perpendiculares a la costa, en los cuales se ubicaron tres parcelas.

RESULTADOS

El manglar de El Gremio es del tipo de borde y cuenca, conformado principalmente por Mangle Rojo, Mangle Prieto y Patabán (Tabla I). El área basal promedio en El Gremio es baja. *Laguncularia racemosa* es la especie con los mayores valores de área basal y densidad.

Tabla I. Datos estructurales del manglar en El Gremio

Especie	Densidad (árboles/ha)	DAP (cm)	Área basal (m ² /ha)	Índice de Valor de Importancia (%)
<i>Laguncularia racemosa</i>	214.29	6.20	8.30	44.82
<i>Rhizophora mangle</i>	118.57	6.45	4.63	26.49
<i>Avicennia germinans</i>	177.14	4.70	3.81	52.49
Total	510.00	5.74	16.74	100

La mortalidad es de un 22,38 %, y es causada principalmente por huracanes (68,8 %), tala ilícita (29,5 %), y en una menor medida plagas (6,25 %). El índice de tensión es de 1,38 troncos/ número de individuos. El 13,9 % de los árboles están inclinados y el 1,53 % partidos. En el manglar se observan áreas con mortalidad antigua, al parecer producidas por el Huracán Irma en el 2017.

La vulnerabilidad de los manglares al cambio climático es moderada (Tabla II), con una exposición alta, y una sensibilidad y capacidad adaptativa con valores medios.

Tabla II. Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático del manglar en El Gremio

Dimensión	Componente	Valor
Exposición	Rango de marea	5
	Tasa de sedimentación	3
	Modelación del clima	4
	Condición del manglar	3
Sensibilidad	Área basal	3
	Reclutamiento	2
	Mortalidad	4
	Reducción del área de manglar	2
Capacidad Adaptativa	Disponibilidad del área para migrar tierra adentro	3
	Capacidad de manejo de la comunidad	3
	Involucramiento de los actores	3
	Protección legal del manglar	1
Total		36
No. de componentes		12
Rango de Vulnerabilidad		3

DISCUSIÓN

La mortalidad es alta en comparación con los manglares del Norte de Cuba (Menéndez, 2013) y la Bahía de Guantánamo (Rodríguez-Leyva *et al.*, 2018), donde la mortalidad es de un 7,28 y 13,72 %, respectivamente. El índice de tensión es medio en comparación con los manglares del Norte de Cuba, donde tiene un rango de 1,03-1,65 troncos/ número de individuos (Menéndez, 2013).

La vulnerabilidad de los manglares al cambio climático es moderada, pudiéndose incrementar su resiliencia al controlar las presiones no climáticas, mejorar la capacidad de manejo y rehabilitar las áreas degradadas. Como

acciones de adaptación basadas en ecosistemas (AbE) y comunidades (AbC) en el ecosistema se propone la construcción y mantenimiento de canales para la rehabilitación de áreas degradadas del manglar, la eliminación de plantas invasoras y acciones de protección y vigilancia.

CONCLUSIONES

El estado de conservación del manglar en El Gremio y su vulnerabilidad al cambio climático es moderada, pudiéndose incrementar su resiliencia al controlar las presiones no climáticas, mejorar la capacidad de manejo y rehabilitar las áreas degradadas.

REFERENCIAS

- Ellison, J. (2012). *Climate Change Vulnerability Assessment and Adaptation Planning for Mangrove Systems*. Washington, DC: World Wildlife Fund (WWF).
- González, H., Rodríguez-Schettino, L., Rodríguez, A., Mancina, C. A., y Ramos, I. (Eds.). (2012). *Libro Rojo de los Vertebrados de Cuba*. La Habana: Editorial Academia.
- Guzmán-Menéndez, J. M., y Menéndez-Carrera, L. M. (2013). *Protocolo para el monitoreo del Ecosistema de manglar*. La Habana: Centro Nacional de Áreas Protegidas.
- Menéndez-Carrera, L. M., y Guzmán-Menéndez, J. M. (Eds.). (2006). *Ecosistema de manglar en el Archipiélago Cubano. Estudios y experiencias enfocados a su gestión*. La Habana: Editorial Academia.
- Planos Gutiérrez, E. O., y Gutiérrez Pérez, T. L. (Eds.). (2020). *Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. La Habana: Agencia de Medio Ambiente.
- Rodríguez-Leyva, O., Falcón-Oconor, E., Romero-Castillo, C. V., y Rodríguez-Crespo, G. (2018). Propuesta de acciones para recuperar el bosque de manglar en la bahía de Guantánamo, Cuba *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 6(2), 224-239.
- Rodríguez-Zúñiga, M. T., Villeda-Chávez, E., Vázquez-Lule, A. D., Bejarano, M., Cruz-López, M. I., Olguín, M., Villela-Gaytán, S. A., y Flores, R. (Eds.). *Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala*. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Palabras clave: Manglar, estado de salud, vulnerabilidad, Cuba.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



FLUJOS DE AGUA DE BOSQUES DE MANGLAR CHAPARRO DE *Rhizophora mangle* L. EN CELESTÚN, YUCATÁN

Sara Gabriela Aguilera

1Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. Calle 43 No. 130 x 32 y 34, Col. Chuburná de Hidalgo C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México.

2Instituto de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

3Biología de la Conservación, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.

Correspondencia · Corresponding Author

Sara Gabriela Aguilera

Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. Calle 43 No. 130 x 32 y 34, Col. Chuburná de Hidalgo C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México

gabrielac.aguilera@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Los bosques de manglar tienen una distribución mundial tropical y subtropical (Tomlinson, 2016). Las variaciones en el hidropereodo y en la salinidad dan lugar a la formación de tipos ecológicos como el manglar chaparro, franja, petén y cuenca (Lugo & Snedaker, 1974). El manglar de tipo chaparro cuenta con la mayor distribución en la península de Yucatán (Adame *et al.*, 2013; Morales-Ojeda *et al.*, 2021), lo cual cobra importancia debido al almacenamiento de carbono subterráneo que contiene en su extensión (Morales-Ojeda, 2018; Us-Balam *et al.*, 2018). Sin embargo, un servicio ecosistémico que no ha recibido la atención suficiente en manglares y de gran importancia es el aporte de agua por transpiración, tal servicio se encuentra asociado a la captura y almacenamiento de CO₂ ya que depende de la hidrología (Asbjornsen *et al.*, 2011; Leng y Kun-Fang, 2020).

Los manglares reciben una alta cantidad de radiación solar que es transformada en calor sensible (temperatura) y calor latente (transpiración) (Nobel, 2020). Las especies que conforman el bosque de manglar cuentan con adaptaciones funcionales y anatómicas capaces de tolerar la variabilidad en la inundación y de disipar la energía radiante sin comprometer su crecimiento; siendo la transpiración un proceso fundamental que permite regular la temperatura del entorno. Durante periodos de alta incidencia de radiación solar y demanda evaporativa (DPV) las plantas deben regular la pérdida de agua por transpiración y lidiar con la toma de agua en un ambiente con alta y variable salinidad, lo que genera el aumento del potencial osmótico para asegurar la toma de agua (Lamb y Saenger, 2011; Muller *et al.*, 2009).

Los bosques de manglar al ser ecosistemas inundados y con alta incidencia de energía radiante son sitios en los cuales se forma una alta conexión hidráulica entre el gradiente de *planta-suelo-atmósfera*; lo que ocasiona que ocurra un intercambio constante de materia (CO₂ y H₂O) y energía entre el ecosistema y la atmósfera. La conexión hidráulica de los bosques de manglar toma relevancia considerando su papel en la regulación del clima y en los procesos asociados al ciclo del agua y del carbono (Fisher *et al.*, 2011).

OBJETIVOS

Este estudio analizó el efecto del microambiente al aporte de agua por estimaciones de transpiración y las relaciones hídricas de manglares chaparros de *Rhizophora mangle* L. durante las temporadas de sequía y lluvia en Celestún, Yucatán.

METODOLOGÍA

La zona de estudio fue la Reserva de la Biosfera Ría Celestún, Yucatán (RBRC) en una zona cercana a la carretera de Kinchil-Celestún (20° 51.400' N, 90° 22.248' O) durante los meses de abril y octubre. Se caracterizó el microambiente aéreo registrando mediciones de temperatura del aire (°C), velocidad del viento (m/s), densidad de flujo de fotones fotosintéticos (PPF, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), radiación solar (W/m^2) y se calculó la demanda evaporativa (DPV, kPa). Empleando una sonda multiparamétrica se midió la salinidad intersticial (ppm). Se obtuvo la densidad de flujo de savia por el método de disipación térmica y se caracterizaron las ramas de los individuos obteniendo el diámetro a la altura del pecho, el número de hojas y el índice de área foliar (LAI). Se calculó la conductancia estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) a partir de la resistencia difusiva (s cm^{-1}) empleando un porómetro para conocer la pérdida de agua por transpiración a nivel de hoja. Se colectaron hojas prealba y a mediodía para medir el potencial osmótico ($\Psi\pi$).

RESULTADOS

El microambiente aéreo entre temporadas presentó diferencias. La demanda evaporativa máxima fue de 3.0 y 1.6 kPa en la temporada de sequía y lluvia, correspondientemente. En la temporada de sequía la velocidad del viento máxima fue de 2 m/s, siendo mayor en comparación con la temporada de lluvia (1.4 m/s). De igual forma, la demanda evaporativa máxima durante la temporada de sequía fue mayor, presentando valores de 3.0 kPa. La densidad de flujo de savia promedio en la temporada de sequía fue de $146 \text{ L m}^{-2} \text{h}^{-1}$, mostrando diferencias durante la temporada de lluvia con valores máximos de flujo de $200 \text{ L m}^{-2} \text{h}^{-1}$. En temporada de sequía la conductancia estomática máxima se presentó antes del mediodía con valores de $15 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Con respecto al LAI, este fue mayor en la temporada de lluvia.

DISCUSIÓN

La toma de agua en las raíces se encuentra relacionada con la disponibilidad de agua en el sedimento debido al hidropotencial, la salinidad intersticial y la precipitación, de manera que el continuo suelo-planta-atmósfera permite la conexión hidráulica (Asbjornsen *et al.*, 2011). La transpiración se encuentra sujeta a la demanda evaporativa y a la radiación, de manera que las variaciones microclimáticas asociadas a la temporalidad influyen en la densidad del flujo de savia. Nuestros resultados de mayor flujo de savia en temporada de lluvia coinciden con lo reportado por Lambs y Saenger (2011) y Krauss *et al.* (2007) para otras especies de manglares incluyendo *Rhizophora mangle*. La temporalidad o suelos con baja disponibilidad de agua provocan la disminución en la velocidad de la savia por la alta presencia de salinidad, causando aumento en el potencial osmótico para promover el movimiento del agua dentro de la planta.

CONCLUSIONES

Conocer el papel que desempeñan los bosques de manglar chaparros modulando procesos ecohidrológicos por medio de la transpiración y las estrategias hídricas que emplean toma importancia por su repercusión en la regulación del clima a escala local y la gran distribución de estos bosques. Es de relevancia considerar la variación temporal en el aporte del flujo de agua por transpiración de los bosques de manglar chaparros, así como la etapa fenológica asociada al aumento del LAI. Finalmente, para complementar la información acerca del aporte a la atmósfera por bosques de manglar chaparro se podría considerar evaluar otros componentes del ciclo hidrológico, como la interceptación y la evaporación.

REFERENCIAS

- Adame, M.F., Reef, R., Santini, N.S., Najera, E., Turschwell, M.P., Hayes, M.A., Masque, P. & Lovelock, C.E. (2020). Mangroves in arid regions: ecology, threats, and opportunities. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 248:106796.
- Asbjornsen, H., Goldsmith, G., Alvarado, M., Rebel, K., Osch, V., Rietkerk, M, Chen, J, Gotsch, S., Tobón, C., Geisserf, D., Gómez-Tagle, A., Vache, K & Dawson T. (2011). Ecohydrological advances and applications in plant-water relations research: a review. *Plant Ecology*, 4: 3-22.

- Fisher, J.B., Whittaker, R. J. & Yadvinder, M. (2011). ET come home: potential evapotranspiration in geographical ecology. *Global Ecology and Biogeography*, 20:1-18.
- Lambs, L. & Saenger, A. (2011). Sap flow measurements of *Ceriops tagal* and *Rhizophora mucronata* mangrove trees by deuterium tracing and lysimetry. *Rapid Commun. Mass Spectrom*, 25, 2741-2748.
- Leng, B. & Kun-Fang, C. (2020). The sap flow of six tree species and stand water use of a mangrove forest in Hainan, Asia. *Global Ecology and Conservation*, 24.
- Lugo, A.E. & Snedaker, S.C. (1974). The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5: 39-64.
- Muller, E., Lambs, L., & Fromard, F. (2009). Variations in water use by a mature mangrove of *Avicennia germinans*, French Guiana. *Annals of Forest Science*, 66: 803.
- Nobel, P. S. (2020). *Physicochemical and Environmental Plant Physiology*. Academic Press. (5ta Ed.).
- Tomlinson, P.B. (2016). The Botany of Mangroves. Second edition. *Cambridge University Press*. 419.
- Us-Balam, H. G, Herrera-Silveira, J., Teutli-Hernández, C., & Caamal-Sosa, J.P. (2018) *Almacén y captura de carbono aéreo por Rhizophora mangle y Avicennia germinans en una zona de restauración ecológica*. 229-234 pp. En: Paz, F., A. Velázquez y M. Rojo (Editores). 2018. Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2018. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Instituto Tecnológico de Sonora. Texcoco, Estado de México, México. ISBN pendiente. 686

Palabras clave: Balance de energía, flujo de savia, relaciones hídricas, transpiración.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



EFFECTO DEL ENRIQUECIMIENTO DE NUTRIENTES SOBRE EL CRECIMIENTO Y FOLIVORÍA EN PLÁNTULAS DE *Avicennia germinans* EN UN MANGLAR BAJO RESTAURACIÓN

Corona-Salto Alejandro¹
López-Portillo Guzmán Jorge Alejandro¹
Alvarado-Barrientos María Susana¹
Santini-González Nadia Silvana²

1. Instituto de Ecología, A. C., Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa, Veracruz, México, 91073

2. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Circuito exterior s/n anexo al Jardín Botánico, Ciudad Universitaria, Ciudad de México, 04510

Correspondencia · Corresponding Author

Alejandro Corona Salto

Instituto de Ecología, A. C., Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa, Veracruz, México, 91073

alejandro.corona@posgrado.ecologia.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Dada la pérdida alarmante de manglares han surgido esfuerzos por su restauración ecológica y recuperación de sus valiosas funciones. Rehabilitar la hidrología y elevar el nivel de los sedimentos han sido estrategias exitosas para restaurar los manglares en México (López-Portillo *et al.*, 2017).

La disponibilidad de nutrientes en el manglar es clave para el crecimiento de plántulas, ya que regula la elongación del tallo, que permite acceder a la luz y evitar la inundación. El nitrógeno (N) y el fósforo (P) son comúnmente limitantes para el crecimiento de manglares (Krauss *et al.* 2018). Los experimentos de fertilización con N y P han resultado en un aumento de la tasa de crecimiento y mayor asignación de biomasa. El aumento en la productividad primaria y cambio en la composición química de las hojas asociado al enriquecimiento de nutrientes pueden alterar los patrones de herbivoría.

El rol de los nutrientes durante el establecimiento de plántulas en suelos intervenidos para restaurar manglares ha sido poco explorado. En este trabajo estudiamos el efecto de la disponibilidad de nutrientes durante el crecimiento de plántulas en montículos de terreno en el manglar del sitio de restauración eco-hidrológica Tampamachoco, Veracruz, México.

OBJETIVOS

General:

Determinar si existe limitación de nitrógeno (N) o fósforo (P) para el crecimiento de plántulas de *Avicennia germinans* en montículos de restauración ecológica en el manglar de Tampamachoco, Veracruz, México

EFFECTO DEL ENRIQUECIMIENTO DE NUTRIENTES SOBRE EL CRECIMIENTO Y FOLIVORÍA EN PLÁNTULAS DE *Avicennia germinans* EN UN MANGLAR BAJO RESTAURACIÓN

Específicos:

Evaluar el efecto de la adición de N y P sobre la altura y producción de hojas de plántulas de *Avicennia germinans* en montículos construidos para la restauración del manglar de Tampamachoco, Veracruz, México. Comparar el contenido de N y P de hojas de *Avicennia germinans* en diferentes tratamientos de fertilizante en montículos construidos para la restauración.

Evaluar la frecuencia de folivoría sobre hojas plántulas de *Avicennia germinans* en tratamientos de fertilizante en montículos construidos para la restauración

METODOLOGÍA

El sitio de estudio es el manglar de Tampamachoco ubicado al norte del estado Veracruz, México (20°58'15" to 21°05' latitud norte y 97°20'30" a 97°24' latitud oeste). Este manglar es parte del sitio Ramsar 1602 "Manglares y Humedales de Tuxpan". Alrededor de 20 ha de este manglar se encuentra deteriorado debido al bloqueo del flujo hídrico. En 2011 se comenzaron acciones de restauración con la rehabilitación hidrológica y en 2018 se construyeron montículos elevados para el establecimiento de plantas.

Seleccionamos 30 de los montículos construidos al azar y en 10 de estos aplicamos un tratamiento de nutrientes de tres posibles. Los tratamientos fueron: N como urea granular, P como superfosfato y control (sin fertilizante). Seleccionamos 3 plántulas para medir su altura total y contar el número de hojas en periodos mensuales (de febrero a agosto 2021). Al terminar el experimento cosechamos las plántulas para determinar su contenido de nutrientes en hojas. Las hojas con signos de folivoría fueron contadas y se midió el porcentaje de la hoja consumida.

Realizamos un ANOVA de medidas repetidas para comparar la tasa de crecimiento en altura (cm/día). La producción de hojas (no. de hojas/día) y hojas con folivoría fue comparada entre tratamientos usando un modelo lineal generalizado (GLM).

RESULTADOS Los nutrientes tuvieron efectos significativos ($p < 0.05$) sobre el crecimiento. Las plantas fertilizadas crecieron menos en altura (Figura 1, A) en comparación con las plantas control. Mientras que las plantas fertilizadas con N produjeron más hojas en comparación con las plantas con P y control (Figura 1, B).

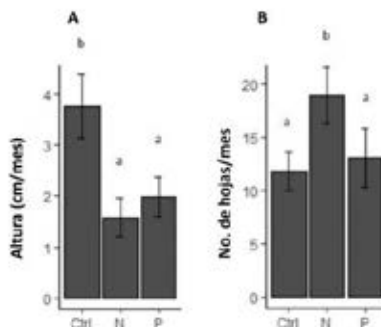


Figura 1. A) Crecimiento en altura total y B) producción de hojas de *A. germinans* en los tratamientos de fertilización.

Las plantas enriquecidas con P tuvieron una frecuencia de hojas con folivoría significativamente mayor ($p < 0.001$) en comparación con las plantas adicionadas con N y control. La relación N: P de las hojas en plántulas fertilizadas con P disminuyó a valores < 16 y fue significativamente menor ($p < 0.05$) que con las plántulas con N y control.

DISCUSIÓN

El efecto negativo de los fertilizantes sobre la altura de las plántulas contrasta con otros trabajos similares con *Avicennia* sp (Feller *et al.*, 2003). La menor altura alcanzada pudo deberse a que las plántulas fertilizadas sufrieron una mayor intensidad de folivoría. Se ha reportado que la intensidad de la herbivoría influye sobre la altura de las plántulas.

La mayor producción de hojas con la adición de nutrientes coincide con otros trabajos de fertilización con N y P con plantas de *Avicennia germinans* (Feller *et al.*, 2003). La relación N:P en las hojas disminuyó con la

EFFECTO DEL ENRIQUECIMIENTO DE NUTRIENTES SOBRE EL CRECIMIENTO Y FOLIVORÍA EN PLÁNTULAS DE *Avicennia germinans* EN UN MANGLAR BAJO RESTAURACIÓN

adición de P lo que indica que este nutriente es limitante para el crecimiento de las plántulas en los montículos construidos como parte de la restauración.

CONCLUSIONES

El P es el principal nutriente limitante en los montículos construidos en el área en restauración.

La disponibilidad de nutrientes regula la estructura de las plántulas y puede aumentar la frecuencia de folivoría en plántulas de *A germinans*.

REFERENCIAS

- Feller, Ilka C., McKee, K. L., Whigham, D. F., & O'Neill, J. P. (2003). Nitrogen vs. phosphorus limitation across an ecotonal gradient in a mangrove forest. *Biogeochemistry*, 62(2), 145–175
- Krauss, K. W., Demopoulos, A. W., Cormier, N., From, A. S., McClain-Counts, J. P., & Lewis III, R. R. (2018). Ghost forests of Marco Island: Mangrove mortality driven by belowground soil structural shifts during tidal hydrologic alteration. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 212, 51-62.
- López-Portillo, J., Lewis, R. R., Saenger, P., Rovai, A., Koedam, N., Dahdouh-Guebas, F., Agraz-Hernández, C., & Rivera-Monroy, V. H. (2017). Mangrove forest restoration and rehabilitation. In *Mangrove Ecosystems: A Global Biogeographic Perspective: Structure, Function, and Services*.

Palabras clave: Limitación de nutrientes, Restauración de manglares, *Avicennia germinans*, Folivoría.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



ESTIMACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO DE LOS BIENES Y SERVICIOS QUE PROVEE EL ECOSISTEMA DE MANGLAR DEL PARQUE NACIONAL CAGUANES

Idania Hernández Ramos¹
Daily Yanetsy Borroto Escuela¹
Armando Falcón Méndez¹
Norgis V Hernández López¹
Laura López-Castañeda²

¹Parque Nacional Caguane, Centro de Servicios Ambientales, Sancti-Spíritus, Cuba.

² Centro de Investigaciones Marinas. Universidad de La Habana, La Habana Cuba.

Lima Recio # 35 entre Marrero y Zayas, Yaguajay, Sancti-Spíritus, Cuba.

Correspondencia · Corresponding Author

Idania Hernández Ramos

Parque Nacional Caguane, Centro de Servicios Ambientales, Sancti-Spíritus, Cuba.

Idaniahr1972@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Las áreas protegidas cumplen un rol esencial en la conservación de los ecosistemas y a su vez contribuyen a la generación de ingresos para la economía nacional por los servicios ecosistémicos que provee. Es importante para el cálculo de valoración económica tener en cuenta los valores de uso directos como indirectos. Cuba cuenta con escasos estudios del tema en áreas protegidas, en el Parque Nacional Caguane (PNC) solo se conoce de la elaboración de un estudio técnico donde se analiza la utilización de BSE.

OBJETIVOS

Estimar el Valor económico de los Bienes y Servicios que brinda el ecosistema de manglar, a partir de describir los bienes y servicios que provee e incorporar los valores de uso directos como indirectos.

METODOLOGÍA

El PNC se localiza al norte del municipio de Yaguajay, en la provincia de Sancti Spíritus. Cuba. Cuenta con una extensión total de 20 490 ha: (CNAP, 2013). La investigación se estructuró en tres momentos, visitas al área de estudio, revisión de la información financiera del PNC del período comprendido entre 2010 y 2019. Se utilizó el enfoque metodológico del VET, ubicando los BSE del ecosistema de manglar en función de sus valores de uso o no uso. (Liu *et al.*, 2010), gastos defensivos (Barzev, 2002), beneficio bruto (Gómez, 2007), costo de oportunidad (Liu *et al.*, 2010); y cuando no fue posible hacer las estimaciones de manera directa, se utilizó el método de transferencia de beneficios (Liu *et al.*, 2010; Zequeira *et al.*, 2020). Los valores calculados fueron convertidos a dólares estadounidenses (USD), para facilitar la comparación de los resultados con

estudios internacionales.

RESULTADOS

Usuarios y usos: los principales actores estatales son el CITMA, el Ministerio de la Industria Alimentaria, el Ministerio de Turismo, el Ministerio de la Agricultura, Ministerio del Interior, Ministerio de Educación Superior. Organizaciones No Gubernamentales y la Federación Cubana de Pesca Deportiva), también los habitantes de las comunidades cercanas.

Los usos humanos en el área son tanto extractivos (pesca, apicultura, y forestal) como no extractivos (turismo, investigación científica). Mediante un inventario del uso de los recursos del PNC se identifican y clasifican en extractivos y no extractivos. Se identificaron 19 usos en el PNC, de ellos siete son extractivos lo que representa el 37% y 12 no extractivos que equivalen al 63%.

Cálculos y supuestos utilizados

Pesquerías: langosta: la venta promedio anual se encuentra entre los 94400 USD y 151040 USD. Escama: el valor total anual de la pesca de escama oscila entre 11685 y 23370 USD y el beneficio económico total por concepto de pesca es de 106085 USD como mínimo y 174410 USD máximo.

Turismo y Recreación: entre los años 2015- 2019, el valor total para el turismo y recreación como valor de uso directo es de 80604 USD como mínimo y 196036 USD máximo.

Educación: el valor total de 61097 USD. **Venta de productos maderables (leña):** el ingreso promedio anual asciende a 17280 USD.

Apicultura: los valores de producción mínimos de 1.1 t y máximo de 21.25 t y el precio de exportación medio de 2910 USD/t, resultando los valores en un rango entre 3201 y 61837.5 USD

Valor económico de investigación y manejo: según los Planes de Manejo propuestos para el PNC en los quinquenios 2014-2018 y 2019-2023, siendo el valor mínimo de 60535.6 USD y el máximo de 73705.26 USD.

Secuestro de carbono: Gómez (2007) estimó el beneficio bruto de la retención de carbono del manglar del ecosistema Sabana-Camagüey en un rango mínimo de 103.5USD/ha/año hasta 517.5 USD/ha/año como máximo. En el presente trabajo se deciden utilizar dichos valores por transferencia de beneficios económico/ha, el valor estimado para este servicio se encuentra en el rango de 207582 USD mínimo y 1729847 USD máximo.

Protección costera: en este trabajo se utilizan los datos del estudio de la CEPAL por transferencia de beneficios. Se estimó la distancia en kilómetros de la línea de costa del PNC cuyo valor es de 65.13 km. Se obtuvo como resultado que los beneficios mínimos y máximos de protección frente a la inundación se estiman en 65000000 y 162500000 USD anuales respectivamente.

Regulación del clima: Costanza *et al.* (1997) estimaron un valor por este servicio de 265 USD/ha para el mangle. Se hicieron cálculos para el PNC usando estos valores y teniendo en cuenta que la cobertura forestal es de 5434.8 ha de mangle. Gómez (2007) hizo una estimación de este servicio para el ecosistema manglar con un valor medio de 310.5 USD/ha/año.

El valor económico para este servicio se calculó transfiriendo los beneficios estimados por Costanza *et al.* (1997) y por Gómez (2007). El valor total está en el rango de 1021179.91USD mínimo y 1,902,859.25 USD máximo.

Refugio físico de especies: Costanza *et al.* (1997) estima el valor económico de estos servicios a un promedio de \$439.00 USD/ha. Mediante la transferencia de beneficio y utilizando la cobertura en hectáreas de manglar, se calculó el rango del valor económico de este beneficio entre 880467.2 y 1467445 USD.

Conservación de hábitats: se asumieron como valores mínimos los costos de menor valor reflejados en los planes de manejo para un año y como máximo los valores promedio anual del período analizado. Siendo el valor mínimo de 116205.4 USD y el máximo de 130163.3 USD.

Turismo Potencial: con la información disponible se pudieron estimar los beneficios potenciales anuales total del potencial turístico del PNC asociados al ecosistema de manglar que asciende a 403928 USD.

CONCLUSIONES

El mayor valor lo aporta el valor de uso indirecto debido fundamentalmente al servicio de protección costera que brinda el ecosistema manglar, que representa el 95% del valor económico total. Este resultado evidencia los beneficios de protección frente a inundaciones que provee el ecosistema manglar. De su correcto manejo, conservación y restauración dependerán un mejor aprovechamiento y obtención de beneficios de otros bienes y servicios como el turismo, recreación y la pesca.

ESTIMACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO DE LOS BIENES Y SERVICIOS QUE PROVEE EL ECOSISTEMA DE MANGLAR DEL PARQUE NACIONAL CAGUANES

Los resultados demuestran los valores significativos que posee el ecosistema de manglar del PNC, y la importancia de contar con un equipo multidisciplinario que integre criterios naturales y socioeconómicos para realizar la valoración económica y que esta tribute a mejorar las acciones de manejo del área, así como al mejoramiento del bienestar humano de las comunidades cercanas.

REFERENCIAS

- Barzev, R. (Ed.). (2002). *Guía metodológica de valoración económica de bienes, servicios e impactos ambientales. Corredor biológico mesoamericano*. Serie Técnica 04. Proyecto para la Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- CNAP (Centro Nacional de Áreas Protegidas) (2013). Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas 2014–2020. La Habana, Cuba. Centro Nacional de Áreas Protegidas.
- Gómez, G. (2007). Análisis económico de las funciones ambientales del manglar en el Ecosistema Sabana Camagüey. En P.M
- Liu, S., Costanza, R., Farber, S. & Troy, A. (2010). Valuing ecosystem services. Theory, practice, and the need for a transdisciplinary synthesis. *Annals of the New York Academy of Sciences Journal*, 1185 (1), 54-78.
- Zequeira, M. E., Plasencia, J.M., González, R., Salas, H. y Matos, Y. (2020). Aproximación al beneficio económico ambiental perdido por el huracán “Irma” en la zona costera norte, provincia de Camagüey, Cuba. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. ISSN: 2254-7630.

Palabras clave: Valoración económica, valor económico total, bienes y servicios ecosistémicos, áreas protegidas.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



EVALUACIÓN DE LA LARVICULTURA DE CANGREJO DE MANGLAR (*Ucides occidentalis*) Y SU REPOBLAMIENTO EN LOS MANGLARES DE TUMBES -PERU

Juan Quimi Mujica¹
Jenny Risco Cunayque¹
Carlos Flores Aguilar¹
Jineika Lopez Parra³
Josue Monteza Chamaya¹
Henry Preciado Chune²
Jhon Puse Arroyo²
Cristhian Peña Cumpa²
Virna Cedeño Escobar³
Eric Mialhe¹

1 Incabiotec Sac (Tumbes-Perú)

2 Consorcio Manglares del Noroeste de Tumbes (Tumbes-Perú)

3 Concepto azul S.A. (Guayquil-Ecuador)

Correspondencia · Corresponding Author

Juan Quimi Mujica

Incabiotec Sac (Tumbes-Perú)

Incabiotec SAC-juange8406@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Para el Perú, *Ucides occidentalis* (Ocypodidae) es una de las especies con mayor impacto ecológico en la zonas de manglar; por reciclar cerca del 80% de hojarasca, airear el suelo y estimular la actividad de las bacterias aeróbicas que descomponen la materia orgánica (Ordinola-Vieyra et al., 2020).

U. occidentalis es también el cangrejo más explotado del manglar de la región Tumbes; lo que ha conllevado a que su población haya disminuido drásticamente, reduciéndose de 120 millones en 1996 a 77,06 millones en 2007, es decir una disminución del 35,8 % de la población en 11 años (Alemán y Ordinola, 2017)

Sin embargo, los estudios realizados en *U. occidentales* (Ocypodidae), han abarcando principalmente su morfología, biología (Schuiteman-Pozo et al., 2019;); diversidad genética y estructura poblacional (Ordinola-Vieyra et al., 2020); hábitos alimenticios a rasgos generales en juveniles y adultos (Córdova, 2018); pero respecto a su desarrollo larval no se ha encontrado registro de investigaciones para la especie *U. occidentales* (Ocypodidae).

Pero, existen investigaciones del desarrollo larval, ciclo de larvicultura en condiciones de laboratorio como parte de una estrategia de repoblamiento en *U. cordatus* (Ocypodidae) (De Souza-Smith et al., 2018); su ciclo embriológico (Smith-Diele et al., 2013).

OBJETIVOS

El Objetivo general: Producir larvas de cangrejo de manglar *U. occidentalis* en condiciones de laboratorio para su repoblamiento en el manglar.

El Objetivo específico: Obtener un protocolo óptimo de larvicultura de cangrejo rojo de manglar.

METODOLOGÍA

Se procedieron a capturas hembras ovigeras de *U. occidentalis* en estadio VII del desarrollo embrionario, se procedió a desinfectar con una solución de yodo 0.2% por 15 minutos, luego se procedió a obtener las medidas de largo, ancho del cefalotórax y su peso antes de la eclosión, se procedió a sacar una muestra de 0.1 gr de la masa de huevos para determinar por conteo cuantos huevos/hembra. Luego son colocadas en una tina con 10 cm de agua de mar a 28 ppt y con aireación constante. La eclosión está influenciada por el ciclo lunar 2 días antes y 3 días después de la aparición de la luna llena y/o nueva. Los nauplios fueron colectados con una malla de 100 micras y colocados en un balde de 5 litros para realizar conteos volumétricos y determinar cuántos nauplios por hembra. Luego son distribuidos en tinajas a densidades entre 100 y 200 nauplios por Litro y alimentadas con microalgas a 400 cel/ml. Cada 2 días se sacó una muestra de las larvas para determinar su desarrollo larval, se procedió a tomar parámetros físicos químicos diarios, 2 veces al día, temperatura, pH, Oxígeno disuelto. Una vez a la semana se tomó parámetro de calidad de agua amonio, nitritos y nitratos, la alimentación se realizó 6 veces al día.

RESULTADOS

De 41 hembras con seguimiento; 24 se encontraban en estadio próximo a eclosión VI, 7 en estadio VII y 10 en estadio VIII; de la evaluación del número de huevos promedio por peso se obtuvo en promedio 9794 huevos/gramo. el menor número de huevos determinado por hembra fue de 126 636 y el mayor de 600 078. Así mismo, el menor número de nauplios fue de 118 000 y el mayor de 565 000. Por otro lado, los parámetros seguidos mostraron en promedio para la temperatura de 26.7 °C por la mañana y por la tarde de 27.4 °C. Oxígeno disuelto 6.30 mg/l por la mañana y de 6.2 mg/l en la tarde. El ph fue de 7.34 por la mañana y de 7.21 por la tarde; salinidad de 28 ‰ – 30 ‰

El periodo embrionario observado en la especie *U. occidentalis* abarco ocho estadios con un promedio 2,5 ± 0,5 días entre cada estadio y su periodo de incubacion total de 20 días. El periodo larval fue de 6 estadios un estadio de megalopa y un estadio considerado de prejuvenil. Se determino el pase a un nuevo estadio larval fue de 3,0 ± 0,5 días. La alimentación suministrada fue dispuesta cada 2,5 días, según observación en microscopio del estadio en el que se encontraba la larva. Para Zoea I y II su alimentación fue con microalgas Para el estadio de Zoea III, la alimentación fue combinada entre microalgas y dieta seca de 100 micras de alimento para larvas de langostinos; Zoea IV la alimentación fue combinada 25 % de microalgas y 75 % de nauplios de artemia; Zoea V y VI se alimentó con nauplios de artemia y rotíferos (Teixeira, 2007; c; Silva-Menezes et al., 2009; De Souza-Rodrigues et al., 2017).

DISCUSIÓN

El periodo embrionario observado en la especie *U. occidentalis* coincidió con lo reportado por Pinheiro y Hattori (2003) en su investigación del desarrollo embrionario de *U. cordatus*. Se reportado 6 estadios larval, un estadio de megalopa y juvenil (Silva-Menezes et al., 2009); que contrasta ligeramente con el observado para *U. occidentales*.

Durante este periodo el número de nauplios fue descendiendo a medida que alcanzaban un nuevo estadio; la supervivencia en cada estadio fue baja en comparación con lo reportado para su pariente más cercano *U. cordatus* (Ocypodidae) estimado por Da Silva-Cottens et al. (2012) en condiciones de laboratorio, pero alto en los reportados en medio natural (Teixeira, 2007).

CONCLUSIONES

La especie *Ucides occidentalis* dentro de la investigación mostro tener una alta adaptabilidad para ser trabajado en condiciones de laboratorio para el desarrollo embrionario; obteniendo una tasa de eclosión de 93,76 %; sin embargo, para el desarrollo larval aún falta optimizar protocolos que permitan una mayor sobrevivencia al 3,75 % en estadio de megalopa, estadio previo al juvenil. Existe una alta similitud en las características embriológicas y larvales con la especie *U. cordatus*. Es así que, esta investigación se muestra como el primer reporte de cultivo larval en condiciones de laboratorio para *U. occidentales*.

REFERENCIAS

- Alemán S, Ordinola, E. Ampliación de La Distribución Sur de *Ucides Occidentalis* (Decapoda: Ucididae) y *Cardisoma Crassum* (Decapoda: Gecarcinidae). Revista Peruana de Biología. 2017. 24(1): 107–10. Doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v24i1.13110>
- Córdova, DA. Hábitos alimentarios de *Ucides Occidentalis* ('punche') del sector occidental de la bahía de Jiquilisco, departamento de Usulután, el Salvador (Tesis). Salvador: Escuela de Biología, Facultad de ciencias Naturales y Matemáticas, Universidad del Salvador; 2018. 54 p.
- De Souza R, Rodrigues R, Loureiro L. Importância do rotífero como alimento no desenvolvimento larval do caranguejo – Uçá. Boletim do Instituto de Pesca 2017. Vol. 43(2): 185–93. Doi: 10.20950/1678-2305.2017v43n2p185
- Ordinola A, Vieyra E, Ramírez B, Saavedra K. Genetic Diversity of *Ucides Occidentalis* (Ortmann 1897) (Crustacea: Decapoda: Brachiura) Based on 16S RRNA Gene in Tumbes, Peru. Scientia Agropecuaria 2018. 9(2): 259–67. Doi: 10.17268/sci.agropecu.2018.02.11
- Pinheiro M, Hattori G. Embryology of the Mangrove Crab *Ucides cordatus* (Brachyura: Ocypodidae), Journal of Crustacean Biology 2003. Vol. 23 (3): 729 – 737. Doi: <https://doi.org/10.1651/C-2334>
- Silva U, Menezes F, Ventura R, Coelho A, Boeger W, Ostrensky A. A Produção de larvas Caranguejo – uçá em sistema de cultivo em mesocosmos. Panorama da Aquicultura. 2009. Vol 19(May): 24 – 31.
- Simith D, Karen Diele K, Araújo F. Carry-over effects of delayed larval metamorphosis on early juvenile performance in the mangrove Crab *Ucides cordatus* (Ucididae). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 2013. 440: 61–68. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2012.11.017>.
- Teixeira UD. Recuperação populacional de caranguejo-Uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), a través da liberação de formas imaturas em áreas antropicamente pressionadas (Tesis Doctoral). Brasil: Escuela de post grado en ciencias biológicas de Curitiba; 2007. 174 p.

Palabras clave: Cangrejo de manglar, desarrollo embrionario, desarrollo larval, eclosión.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



COSTOS DE LA REHABILITACIÓN DE MANGLARES EN EL GOLFO DE NICOYA, COSTA RICA

Lenin Corrales Chaves¹

Danilo Torres-Gómez¹

Jacklyn Rivera-Wong²

Jorge Pineda-Gómez³

José Quiros-Orlich⁴

Francisco Pizarro⁴

¹Unidad de Acción Climática-CATIE

²Programa Nacional de Humedales-SINAC

³Área de Conservación Tempisque-Arenal-SINAC

⁴Conservation International-Costa Rica

Correspondencia · Corresponding Author

INTRODUCCIÓN

El Golfo de Nicoya ubicado en el Pacífico Costarricense se extiende alrededor de 80 km desde su límite con el océano abierto y su porción más ancha alcanza unos 55 km (Wolff, et-al., 1998). Es uno de los estuarios más largos de Centroamérica con una superficie de 1530 km² (Fernández, et-al., 2006). Las condiciones hidrológicas de escorrentía de agua dulce provenientes de la desembocadura de diversos ríos (Delgado, et al., 2001), la exposición al oleaje y la gran cantidad de sedimentos limo-arcillosos que son depositados favorecen el establecimiento de formaciones de manglar (Pizarro y Angulo, 1993). En 2018 se estimó que quedaban 19.957 hectáreas de ecosistema de manglar (SINAC.2019).

Históricamente el manglar del Golfo de Nicoya ha estado afectado por la producción de sal, la camaronicultura y la agroindustria (SINAC.2019). Se estima que desde mediados de los años 40s empezó de forma muy localizada la extracción y producción de sal, no obstante, en 1995 con la entrada del Tratado de Libre de Comercio Costa Rica-México, al año 2000 la producción de sal había dado un giro importante abandonándose algunas áreas donde antiguamente se asentaba manglar (Infocoop, 2016), sin embargo, algunas de estas áreas se conservaron como productoras de camarón pero en 1996 ingresa al país el virus Taura dando otro golpe a la actividad económica provocando un decrecimiento de áreas dedicada a la producción dejando así área abandonada de antiguo manglar candidato a ser rehabilitado (FAO, 2016).

Durante varios años la restauración ecológica de los ecosistemas de manglar ha sido una actividad de interés en todo el mundo (Mckee y Faulkner, 2000; Dittmann *et al.*, 2019), con la urgencia de poder comprender cada vez mejor los costos típicamente asociados con las acciones de rehabilitar o restaurar los manglares para determinar la mejor manera de asignar fondos para lograr la meta de su recuperación (Herrera et al. 2022).

A través del presente trabajo analizamos los costos de la rehabilitación del ecosistema de manglar en dos sitios del Golfo de Nicoya en Costa Rica.

OBJETIVOS

Objetivo general

Establecer los costos de la rehabilitación del ecosistema de manglar en dos sitios del Golfo de Nicoya en Costa Rica con usos antropogénicos diferentes

Objetivos específicos

- a) Identificar los costos de la rehabilitación del ecosistema de manglar en sitios abandonados con uso previo de producción de sal y camarones marinos
- b) Calcular los costos de la rehabilitación del ecosistema de manglar en sitios de conversión de cultivo agrícola a manglar nuevamente

METODOLOGÍA

Los sitios de rehabilitación de manglar se ubicaron en la parte interna del Golfo de Nicoya en Costa Rica. Durante los años 2021 y 2022 se implementó la rehabilitación de 300 hectáreas de manglar de las cuales 155 hectáreas correspondieron a áreas previamente utilizadas para prácticas agrícolas siendo la actividad principal el cultivo de caña y 145 hectáreas correspondían a salineras y camaronerías abandonadas.

El proceso de restauración siguió las recomendaciones generales propuestas por Bosire J., et al (2008) y Hernández C., et al (2021).

Para cada sitio seleccionado para la rehabilitación natural se diseñaron diferentes acciones de rehabilitación hidrológica según lo demandaron las características encontradas en cada sitio.

RESULTADOS

El costo total de la rehabilitación de 155 hectáreas en el sitio donde previamente hubo principalmente agricultura de cultivo de caña fue de US\$ 237.651,00, lo que representa un costo por hectárea de US\$1.533,00 de los cuales la definición de los objetivos y metas e identificación del sitio representó el 6% del total de los costos, los estudios de diagnóstico del sitio a restaurar y de referencia representó el 11% de los costos totales y la rehabilitación hidrológica representó el 83,0% del costo total del proceso.

La rehabilitación de 145 hectáreas en el sitio donde previamente hubo camaronerías y salineras tuvo un costo de US\$ 25.984,47, lo que representa un costo por hectárea de US\$179,20 de los cuales la definición de los objetivos y metas e identificación del sitio representó el 15,1% del total de los costos, los estudios de diagnóstico del sitio a restaurar y de referencia representó el 27,4% de los costos totales y la rehabilitación hidrológica representó el 57,6% del costo total del proceso.

DISCUSIÓN

Los costos de rehabilitación obtenidos en el presente proyecto de USD1.533,00 y USD 179,20 por hectárea se encuentran dentro del rango reportado por Herrera J. et-al (2022) para México donde variaron de USD 170,00 por hectárea a USD 37.000,00 por hectárea y muy por debajo de los costos estimados para la Florida de USD 45.000,00 y USD 23.000,00 por hectárea para el resto del Caribe (Beck M., et al. 2020). Así mismo, valorando el proyecto de rehabilitación en terrenos antiguos de uso agrícola cuyo costo fue USD 1.533,00 por hectárea y donde el 83% del costo estaba representado por las acciones de rehabilitación hidrológica también representa un valor muy por debajo al reportado por Beck M., et al. (2022) que obtuvo que aquellos proyectos cuya principal acción era la restauración hidrológica el costo fue de USD 141.000,00 por hectárea y de USD 4.000,00 por hectárea para otras regiones.

En comparación con procesos de restauración de manglares en el Caribe los costos obtenidos fueron inferiores a los reportados para las Bahamas los cuales tienen un rango de USD 8.000 a USD 90.000 por hectárea y un costo promedio de USD 45.000,00 (Herrera J. et-al .2022), de USD 23.000,00 para la Guyana y USD 14.000,00 en la Isla de Granada (Beck M., et al. 2020).

CONCLUSIONES

Los costos de rehabilitación del ecosistema de manglar obtenidos resultaron más bajos que otros proyectos en la región y estos dependieron de las características de los sitios y de las actividades humanas que se llevaban a cabo previamente en estos sitios, así como el tipo de acción implementada.

REFERENCIAS

- Beck, M. W., Heck, N., Narayan, S., Menendez, P., Torres-Ortega, S., Losada, I. J., Way, M., Rogers, M., and McFarlane-Connelly, L. (2020). Reducing Caribbean Risk: Opportunities for Cost-Effective Mangrove Restoration and Insurance. The Nature Conservancy, Arlington, Virginia.
- Beck M., Hecka N., Narayana S., Menendeza P., Reguero B., Bitterwolf S., Torres-Ortega S., Lange G., Pfliegner K., Pietsch V., Losada I. (2022). Return on investment for mangrove and reef flood protection. *Ecosystem Services* 56 (2022)101-440
- Bosire, J.O., Dahdouh-Guebas, F., Walton, M., Crona, B.I., Lewis III, R.R., Field, C. and Koedam, N. (2008). Functionality of restored mangroves: a review. *Aquatic Botany* 89(2): 251-259.
- Claudia Teutli-Hernández, Jorge A. Herrera-Silveira, Diana J. Cisneros-de la Cruz, Daniel Arceo-Carranza, Andrés Canul-Cabrera, Pedro Javier RoblesToral, Oscar J. Pérez-Martínez, Daniela Sierra-Oramas, Karla Zenteno, Heimi G. Us-Balam, Eunice Pech-Poot, Xavier Chiappa-Carrara, Francisco A. Comín. (2021). Manual para la restauración ecológica de manglares del Sistema Arrecifal Mesoamericano y el Gran Caribe. Proyecto Manejo integrado de la cuenca al arrecife de la ecorregión del Arrecife Mesoamericano - MAR2R, UNEP-Convención de Cartagena, Mesoamerican Reef Fund. Guatemala City, Guatemala.
- Delgado P., Hensel P., Jiménez J., Day J. (2001). The importance of propagule establishment and physical factors in a mangrove distributional pattern in a Costa Rican estuary. *Aquatic Botany*. 71: 157-178
- Dittmann, S., Mosley, L., Clanahan, M., Quinn, J., Crooks, S., Emmer, I., Thomson, S. M., and Seaman, R. (2019). Proof of concept for tidal re-connection as a blue carbon offset project. Goyder Institute for Water Research, Technical Report Series, (19/29).
- FAO. (2016). Análisis de la Situación Actual del Sector Acuícola en Costa Rica: Diagnóstico del Sector, Inventario de Fincas Acuícolas y Recomendaciones al INCOPECA. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. San José-Costa Rica
- Fernández C., Alvarado J., Nielsen V. (2006). Golfo de Nicoya, en *Ambientes Marino Costeros de Costa Rica*, eds. Muñoz, V. y Quesada, M. Informe Técnico. San José, Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica
- Herrera-Silveira, J. A., Teutli-Hernandez, C., Secaira-Fajardo, F., Braun, R., Bowman, J., Geselbracht, L., Musgrove, M., Rogers, M., Schmidt, J., Robles-Toral, P. J., Canul-Cabrera, J. A., & Guerra-Cano, L. (2022). "Hurricane Damages to Mangrove Forests and Post-Storm Restoration Techniques and Costs." The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- Infocoop. (2016). El Arte de la Diversificación Cooperativa. Tomado de: http://www.infocoop.go.cr/enterese/noticias/2016/mayo/mayo_8.html
- Jiménez J. (1994). Los manglares del Pacífico Centroamericano. EFUNA, Heredia, Costa Rica
- McKee, K. L., and Faulkner, P. L. (2000). Restoration of biogeochemical function in mangrove forests. *Restoration Ecology*, 8(3), 247-259
- Pizarro F, y Angulo F. (1993). Diagnóstico de los manglares de la costa Pacífica de Costa Rica, Costa Rica, CATIE y UNA
- SINAC. (2019). Estrategia Regional para el Manejo y Conservación de los Manglares en el Golfo de Nicoya-Costa Rica 2019-2030. San José-Costa Rica
- Wolff M., Koch V., Chavarría J., Vargas J. (1998). A trophic flow model of the Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46. Supl. 6: 63-79

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue posible gracias al apoyo de la Fundación Terra a través de una subvención de Conservation International.

Palabras clave: Golfo de Nicoya, manglares, rehabilitación, restauración, Humedal Estero Puntarenas, RNVS Cipancí,



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



RESILIENCIA DEL ECOSISTEMA DE MANGLAR EN EL PARQUE NACIONAL CAGUANES

Armando Falcón-Méndez¹
Norgis Valentín Hernández-López¹
Daily Yanetsy Borroto-Escuela¹
Idania Hernández-Ramos¹

¹Parque Nacional Caguanes, Centro de Servicios Ambientales de Sancti Spiritus. CITMA. Cuba.

Correspondencia · Corresponding Author

Armando Falcón-Méndez
Calle Panchito Gómez # 145, Yaguajay, Sancti Spiritus, Cuba.
dborroto76@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los manglares, conjuntamente con los herbazales y los bosques de ciénagas, son considerados humedales costeros, y tienen importantes funciones ecológicas en el mantenimiento de la estabilidad entre la zona marina y los ecosistemas terrestres, se desarrollan en las zonas tropicales y subtropicales del planeta. En Cuba, están distribuidos en más del 50% de las costas, y ocupan el 5,1% de la superficie del país, representando el 20,1% del área boscosa actual, por lo que constituyen una reserva forestal muy valiosa (Montero García et al., 2017). El Parque Nacional Caguanes (PNC), es un área protegida de significación nacional perteneciente al Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Cuba (SNAP). Dentro de sus valores significativos de interés ambiental destacan las formaciones forestales que alberga, donde el ecosistema de manglar es la de mayor área, ocupando alrededor de 3 342,7 ha que representan el 61,5 % de su cobertura total (CSA, 2018).

Este ecosistema, está formado fundamentalmente por cuatro especies arbóreas, *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle prieto), *Laguncularia racemosa* (patabán) y *Conocarpus erectus* (yana), las que aparecen formando zonaciones, parches monoespecíficos o mixturados, (CSA, 2018). Los bosques de mangles del PNC, bajo protección, desde 2001, lograron alcanzar gran desarrollo, pero en septiembre de 2017, el huracán Irma, de categoría 5 impactó en la zona, provocando graves afectaciones a este ecosistema.

OBJETIVOS

El objetivo del trabajo es conocer el poder de resiliencia y el estado actual del ecosistema de manglar presente en el PNC.

METODOLOGÍA

El presente trabajo se desarrolla en el PNC, ubicado en el municipio de Yaguajay, provincia de Sancti Spiritus, en el centro norte de Cuba. Constituye una de las áreas núcleos de la Reserva de la Biosfera Buenavista, con 2 490 ha, y está declarado como sitio Ramsar por la importancia de sus humedales.

Para efectuar la investigación se dividió el área de estudio en cuatro zonas, según la estructura del ecosistema de manglar, teniendo en cuenta el último proyecto de ordenación forestal del área protegida.

Se trabajó según el Protocolo de Monitoreo del Ecosistema de Manglar de Guzmán y Menéndez (2013), donde se seleccionaron 20 parcelas fijas, ubicadas antes del paso del huracán Irma, y se compararon los datos hasta cuatro años después.

RESULTADOS

Partiendo del procesamiento que se obtuvo de las parcelas fijas, antes del huracán Irma y posteriores al paso de este, se obtienen datos que muestran resultados del comportamiento de la resiliencia del ecosistema de manglar. La especie *A. germinans*, es la de mayor distribución en el PNC, con los mayores y más extensos rodales, se le encuentra a sotavento de las mayores islas que forman Los Cayos de Piedra, donde las acumulaciones de sedimentos, han propiciado su desarrollo; a lo largo del litoral costero del municipio, también es la especie de mayor presencia y área de ocupación, pero a causa de su ecología, fue esta especie la que mayor impacto negativo tuvo a causa del huracán Irma, viéndose afectada en casi un 80%, pues los vientos derribaron gran número de individuos, y de los que quedaron en pie, quedaron defoliados, por lo que no pudieron excretar las sales, mientras que los neumatóforos, al quedar por mucho tiempo bajo la inundación, se produjo la muerte por hipoxia e intoxicación. A partir de los dos años del paso del huracán, con la producción de semillas de los individuos sobrevivientes, es que comenzó a desarrollarse de manera significativa la regeneración natural, sobre todo en zonas ocupadas por *Batis maritima* (yerba de iguana), especie que facilita la desalinización y el mejoramiento del suelo. Actualmente aparecen rodales que se recuperan, con juveniles de cuatro a 5 m.

Para el caso de *R. mangle*, en el PNC se desarrolla fundamentalmente, ocupando la línea litoral de las costas bajas, o en las riberas de canalizos y algunas lagunas; en zonas de los manglares del norte de la Ciénaga de La Guayabera, a causa del aporte hídrico, ocupa parches que pueden ser monoespecíficos. Su población se vio afectada en un 40%, principalmente la ubicada en la zona litoral. Posterior al huracán fue la especie que más rápido aportó propágulos a la regeneración natural, logrando en algunos sectores una casi total colonización, donde antes crecía solamente *A. germinans*.

La especie *L. racemosa*, se encuentra distribuida en todo el PNC, pero las mayores poblaciones se localizan en los manglares del norte de la Ciénaga de La Guayabera. Los individuos que sobrevivieron al huracán, produjeron abundantes propágulos, gracias a las lluvias del año contiguo, y la regeneración natural fue significativa, sobre todo en los rodales 5 y 7, logrando en sectores del segundo, sustituir a *A. germinans*. Actualmente en estos rodales existen individuos de 4 y 6 m.

Por su parte *C. erectus*, distribuida en todo el PNC, está más restringida en Los Cayos de Piedra, y más abundante en áreas al sur de los manglares del litoral, pues esta especie está catalogada por (Menéndez y Guzmán 2006), como pseudo mangle o especie periferal, limitando en muchos casos con zonas socioeconómicas. En los estudios se reportó que los eventos de extrema sequía, con aumento de la concentración de sales en el suelo, han sido más nefasta para la especie que los huracanes.

DISCUSIÓN

El paso del huracán Irma en el ecosistema de manglar del PNC, provocó que los árboles que quedaron en pie perdieran todo el follaje, pero la mayoría estaban muertos, sobre todo los de mayor altura, impacto que cambió la estructura del bosque y estimula la regeneración natural, al igual que lo reportado por (Menéndez y Guzmán, 2006), para bosques de manglares afectados por estos eventos.

La regeneración natural, en varias de las parcelas estudiadas después del huracán Irma, se evidenció un reacomodo de las especies al cabo de los tres años, al compararlas con los resultados obtenidos previos al mismo, coincidiendo con los resultados de (Hernández, et al. 2021), pero hay que destacar que cada especie tuvo una respuesta diferenciada, como lo reportan (Menéndez y Guzmán, 2006).

CONCLUSIONES

El bosque de manglar del PNC, tras el paso del huracán Irma, se afectó en más de un 60%, pero mostró su poder de resiliencia a través de mecanismos naturales de recuperación, que fueron más efectivos a partir de los dos años, al cabo de cuatro años en muchas áreas se desarrolla un bosque joven con alturas de cuatro a 6 m.

REFERENCIAS

- CSA (Centro de Servicios Ambientales) (2018). Plan de Manejo 2019-2023. Parque Nacional Caguanes. Inédito. 310 pp.
- Guzmán Menéndez, J.M., Menéndez Carrera, L. (2013). Protocolo para el monitoreo del ecosistema de manglar. La Habana, Editorial AMA.
- Menéndez, L. y Guzmán, J. M. 2006. El ecosistema de manglar en el Archipiélago Cubano: estudios y experiencias enfocados a su gestión. Editorial Academia, La Habana, Cuba. 331 pp.
- Hernández López, N.V Falcón Méndez, A., Ramos García, E.M., Hernández Ramos, I., Borroto-Escuela, D.Y., Caraballo Yera, J.A., Zaldívar Solís, Á., Guzmán Menéndez, J.M., Besonen, M.R., Gibeaut, J. (2021) El ecosistema de Manglar del Parque Nacional Caguanes. Rev. Invest. Mar., 41(especial), 94-106.
- Montero García, G., Martínez, J.M., Iturralde Vinent, M., Hernández, M., Alcolado Menéndez, P.M., Martínez Daranas, B., Menéndez Cabrera, L., Juanes Martí, J.L., Rodríguez, C., Fernández Márquez, A., Arellano Acosta, M., Villasol Núñez, A. (2017). Zonas costeras de Cuba. Importancia, protección y uso sostenible. Editorial científico-técnica, La Habana.

Palabras clave: Manglares, huracán, recuperación de la vegetación.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



MANGLAR VIVO, CUBA: COSTOS Y BENEFICIOS DE ACCIONES BASADAS EN ECOSISTEMAS. ANÁLISIS ECONÓMICO-ECOLÓGICO EN COSTA SUR DE ARTEMISA Y MAYABEQUE

Miguel A. Vales García¹
Bernardo Aguilar González²

¹Instituto de Ecología y Sistemática, AMA, CITMA, La Habana, Cuba.

Correspondencia · Corresponding Author

Miguel A. Vales García

Instituto de Ecología y Sistemática, AMA, CITMA, La Habana, Cuba.

mavales@ceniai.inf.cu

En Cuba, las poblaciones del sur de las provincias Artemisa y Mayabeque han sido afectadas por la indiscriminada tala de sus manglares durante años, lo que ha provocado la afectación de sus servicios ecosistémicos. La adaptación basada en el ecosistema (ABE) constituye un enfoque alternativo para aumentar la resiliencia de las comunidades vulnerables. El análisis de costo-beneficio es un método económico empleado para evaluar las opciones de inversión, donde se comparan directamente los costos y beneficios en términos monetarios. Esto muestra el impacto en valor de una manera que es fácil de entender por los tomadores de decisiones. En esta contribución se analizan los principales costos por: restauración, mantenimiento, activos fungibles, combustible, equipamiento y proyectos de conservación ejecutados, así como los beneficios obtenidos por estas acciones de ABE en el valor de los servicios ecosistémicos del manglar en estas localidades. De ellos se consideraron cinco servicios de provisión y seis de regulación y soporte. Se desarrollaron tres escenarios: un escenario base y dos modificados. La relación beneficio-costo varió de 6.81 a 14.91 de acuerdo con el escenario reportado entre los tres escenarios realizados. Ello evidencia que por cada peso invertido se obtuvo un beneficio económico-ecológico superior a 6 pesos, demostrando así la rentabilidad integral de la aplicación del enfoque ABE en las zonas de trabajo.

Palabras clave: Análisis costo-beneficio, adaptación basada en ecosistemas, valoración monetaria de servicios ecosistémicos, economía ecológica, manglares.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



SEAHIVE: A SHORELINE PROTECTION SYSTEM THAT SUPPORTS MANGROVE ECOSYSTEMS RESTORATION AND CREATION

Rafael J. Araújo¹ *
Landolf Rhode-Barbarigos²
Esber Andiroglu²
Evan D'Alessandro¹
Renee Evans³
Michelle Fernandez¹
Ryan Folchs¹
Luca Galli²
Mohammad Ghiasian²
Arthur Gleason³
Brian Haus¹
Daniela Jalfon⁴
Sana Lynch¹
Johanna Mead¹
Antonio Nanni²
Prannoy Suraneni²
Aristea Tontai²

1 University of Miami, Rosenstiel School of Marine, Atmospheric & Earth Science, Miami, FL, USA

2 University of Miami, College of Engineering, Coral Gables, FL, USA

3 University of Miami, College of Arts & Sciences, Coral Gables, FL, USA

4 University of Miami, School of Architecture, Coral Gables, FL, USA

Correspondencia · Corresponding Author

Rafael J. Araújo

University of Miami, Rosenstiel School of Marine, Atmospheric & Earth Science, Miami, FL, USA

raraujo@miami.edu

ABSTRACT

SEAHIVE is a sustainable estuarine and marine protection system researched and developed at the University of Miami (UM) under the National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) in collaboration with the Florida Department of Transportation (FDOT). The system was designed through a morphological investigation that related the shape of the system's elements to aspects such as material efficiency, stability, and ease of manufacture, and physical testing at the UM SURge STRUCTURE Atmosphere Interaction (SUSTAIN) Facility. The hexagonal SEAHIVE elements can be clustered to reflect the beehive design and used as revetment, breakwater and seawall alternative providing protection from storm surge and wave action in marine

and estuarine environments. Considering its adaptive features and potential for habitat creation, the system provides an efficient and cost-effective eco-engineering alternative for the protection of coastal communities that can be tuned for both low and high energy areas. Here we describe SEAHIVE and the role it might play in coastal resilience, habitat creation and restoration, as well as a living lab that can support environmental education and outreach. Used alone or in combination with other engineering solutions, SEAHIVE might be critical in the protection of mangroves, an important part of coastal tropical ecosystems. We hope it is viewed as a new tool in the resilience toolbox of managers, property owners of public and private lands.

RESUMEN

SEAHIVE es un sistema sostenible de protección marina y estuarina desarrollado en la Universidad de Miami (UM) bajo el Programa Nacional de Investigación de Carreteras Cooperativas (NCHRP) en colaboración con el Departamento de Transporte de Florida (FDOT). El sistema fue diseñado a través de una investigación que combina la forma de los elementos del sistema con aspectos tales como la eficiencia del material, la estabilidad y la facilidad de fabricación, y el resultado de pruebas físicas llevadas a cabo en las instalaciones de SUSTAIN en la Universidad de Miami. Los elementos hexagonales SEAHIVE se pueden agrupar y cambiar para reflejar las modificaciones en el diseño de la colmena y se pueden utilizar como alternativa de revestimiento, rompe olas y malecón para brindar protección contra la marejada ciclónica y la acción de las olas en ambientes marinos y estuarinos. Teniendo en cuenta sus características de adaptación y su potencial para la creación de hábitats, el sistema proporciona una alternativa de eco-ingeniería eficiente y rentable para la protección de las comunidades costeras que se puede ajustar para áreas de baja y alta energía. En esta presentación describimos SEAHIVE y el papel que podría desempeñar en la resiliencia costera, la creación y restauración de hábitats, así como un laboratorio viviente que puede apoyar educación y divulgación medioambiental. Usado solo o en combinación con otras soluciones de ingeniería, SEAHIVE podría ser fundamental en la protección de los manglares, un componente importante de los ecosistemas costeros. Esperamos que se vea como una nueva herramienta en la caja de herramientas de resiliencia de los administradores, y los dueños de terrenos públicos y privados.

Palabras clave:



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



RESTAURACIÓN NATURAL ASISTIDA DE MANGLE IMPLEMENTANDO SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA EN LA ZONA NÚCLEO DE LA RBMNN

Ricardo Domínguez Varela

Oficial senior de reservas de agua en WWF México

Correspondencia · Corresponding Author

Ricardo Domínguez Varela

Oficial senior de reservas de agua en WWF México

rdominguez@wwfmex.or

INTRODUCCIÓN

Los estados de Durango, Zacatecas y Nayarit comparten un secreto: el San Pedro Mezquital, séptimo río más caudaloso de México y el último que atraviesa la Sierra Madre Occidental sin presas, comunicando así el Desierto Chihuahuense con la parte sur del Golfo de California. Nace en las Sierras de los Estados de Durango y Zacatecas; desciende hacia el sureste por el altiplano mexicano; cruza las montañas de la Sierra Madre hacia el suroeste e irriga los valles tropicales de Nayarit, para desembocar en el océano Pacífico tras 540 kilómetros de recorrido.

La zona en la que se desarrolla el proyecto es en la cuenca de la desembocadura del río San Pedro, donde se encuentra la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Nayarit (RBMNN). De manera general, se han identificado ocho grandes problemáticas de las cuales cinco están relacionadas directamente a las modificaciones de la hidrodinámica del sistema. Estas son: 1) existencia de manglar muerto por construcción de infraestructura; 2) salinización de aguas y tierras; 3) azolvamiento de cuerpos de agua; 4) secamiento de 500 hectáreas de manglar derivado de modificaciones de los canales por parte de los pescadores; 5) alteración de las condiciones de hidrología y salinidad derivadas de la apertura de canales; 6) azolve de venas y esteros en todos los municipios de la zona; 7) afectación de las llanuras litorales debido a la obstrucción de venas por la construcción de infraestructura y 8) sedimentación en márgenes de cauces.

La activación de la dinámica hidrosedimentaria es esencial para la conservación y restauración de mangle en la zona, ayudando a conservar el hidropereodo tan vital para la subsistencia de las especies de mangle, así como la distribución de la salinidad y el aporte de nutrientes a través de los sedimentos, los cuales en exceso azolvan los canales secundarios y caso de ser pobres no aportarán los nutrientes necesarios a las diferentes especies.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Restaurar 82 hectáreas dentro de la zona núcleo del área Natural Protegida Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, Nayarit mediante la regeneración asistida con la participación de las comunidades locales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desarrollar el modelo hidráulico en 43 km del río San Pedro que ayude a conocer el comportamiento hidráulico (agua y sedimentos) del río San Pedro en función del caudal ecológico y la reserva de agua para el ambiente decretada en 2014.

Caracterizar las aportaciones de agua dulce al humedal.

Construir las bases para el monitoreo de las aportaciones de agua dulce por fuentes superficiales y subterráneas.

Restablecer la conectividad de los flujos de agua dulce en la zona de estudio.

Metodología.

METODOLOGÍA

Las primeras actividades en realizarse fueron los aforos de agua y sedimentos en suspensión y batimetrías en dos sitios del río San Pedro y dos sitios de dos afluentes importantes que mayormente su escurrimiento depende de agua subterránea, esto por el tipo de río se realizó con Doppler ADCP, en esos mismos sitios se tomaron muestra de sedimentos con draga, para su posterior análisis en laboratorio, paralelamente se realizó el levantamiento topobatómico de 43 kilómetros del río San Pedro, siguiendo las recomendaciones de la Comisión Nacional del Agua para la delimitación de Zonas Federales e implementación de obras para protección contra inundaciones. Además, se realizaron tres recorridos de campo con la finalidad de conocer el comportamiento del sistema, desde la hidrografías, tipo de vegetación, suelos, sedimentos y su distribución, y de este modo elegir junto con CONANP y los habitantes de la zona, los cauces secundarios a limpiar y desazolvarlos, además se aprovechó para presentar el proyecto a los habitantes de las comunidades locales, contar con su aprobación e indagar sobre el monto por pagos de jornales en la zona, de este modo fortalecer la gobernanza.

Posteriormente, por la naturaleza del sistema lagunar se desarrolló el modelo hidráulico bidimensional en Iber, para conocer las características hidráulicas de diferentes caudales, considerando los caudales contenidos en el decreto de reserva de agua para el ambiente.

Después de conocer los resultados de los estudios anteriores y de elegir la zona a limpiar y desazolvar canales, se realizó el levantamiento topográfico con dron, ayudando a establecer las preferencias de flujo, lo que permite hacer el trazo de trabajo para el desazolvar y no realizarlo en zonas donde naturalmente no se cumplan las condiciones de cauce, además con el levantamiento permite conocer las zonas bajas asociadas a cuerpos de agua naturales y zonas con mayor elevación que permitan el crecimiento de mangle.

Sobre este levantamiento se realizó otro modelo hidráulico que ayuda a conocer la relación de caudales de ingreso con el área de inundación, tirantes y velocidades, lo cual es indispensable para establecer el hidropereodo.

RESULTADOS

Se cuenta con las áreas de inundación en el río San Pedro para diferentes caudales, entre ellos los caudales contenidos en el decreto de reserva de agua publicado en el Diario Oficial de la Federación en 2014.

Se cuenta con la relación de las aportaciones de agua dulce al sistema por el río San Pedro y por dos cauces considerables que en su mayoría son alimentados por el afloramiento de las aguas subterráneas en manantiales.

Se cuenta con la clasificación puntual de sedimentos en suspensión y en tres cauces.

Se cuenta con los trazos para la limpieza y desazolvar de canales secundarios, con base en las preferencias de flujo dadas por el terreno natural.

Se cuenta con la aprobación y participación de los habitantes de las localidades y de la CONANP.

DISCUSIÓN

El proyecto lleva un enfoque de cuenca y acuífero, es muy importante considerar el régimen de hidrológico que naturalmente define las aportaciones de agua dulce, ya sea superficial o subterránea que son claves para la subsistencia de las diferentes especies de mangle en Marismas Nacionales, pero igual importante es poder mantener la conectividad dada por red de cauces secundarios en la zona de mangle.

El Humedal Marismas Nacionales tiene un área muy grande, lo que lleva a realizar varias acciones y estudios antes de definir los sitios a restaurar o conservar, una parte importante es el aspecto social, las comunidades

deben estar convencidos y ser parte de los trabajos que se requieren realizar para la conservación, considerando que estas jamás deben ir en contra de las actividades económicas sustentables.

CONCLUSIONES

El trabajo realizado antes de poder proponer un sitio para restaurar y conservar es muy importante y requiere de alrededor de un año, considerando época de lluvias y de estiaje. El agua subterránea en muchos humedales juega un papel muy importante. Identificar las principales causas y amenazas que deterioran o destruyen al mangle son esenciales para armar una estrategia de conservación y restauración. Además, esto último permite identificar y enumerar los esfuerzos y recursos físicos y económicos que se requieren por sitio, permitiendo jerarquizar en caso de que existan varios sitios, la participación de la sociedad y del gobierno desde inicio a fin del proyecto es indispensable para lograr cumplir los objetivos.

Por último todos las inversiones realizadas para este proyecto son de millones de pesos, es necesario tener presente que muchos de los estudios y actividades son parte medular o apoyan a otro tipo de proyectos, por ejemplo, los levantamientos topobatimétricos y aforos, se ocupan en la delimitación de Zona Federal del río San Pedro, delimitas zonas de inundación pluviales y permiten generar diseños de estrategias para su protección, son la base para la delimitación de zona ribereña, pueden ayudar al diseño de obras hidráulicas ya sea para actividades agropecuarias, acuícolas o vías de comunicación, sin que reduzcan los caudales ecológicos, considerando los aporte de sedimentos, por lo que es necesario mantener públicos estos estudios, para ser compartidos con otras dependencias u organizaciones de la sociedad.

REFERENCIAS

Programa de manejo Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Nayarit, SEMARNAT, CONANP 59 pp, DECRETO por el que se abrogan los acuerdos que se indican y se establece la reserva de aguas en las cuencas hidrológicas que se señalan.

Palabras clave: Modelo hidráulico bidimensional, Desazolves, Levantamientos topobatimétricos, Dinámica hidrosedimentaria y Caudal ecológico.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



PRESENTACIÓN DE LA ALIANZA MEXICANA PARA LA RESTAURACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS AMERE

Rosa del Carmen Luege-Mateos

WWF México

Correspondencia · Corresponding Author

Rosa del Carmen Luege-Mateos
WWF México
rcluege@wwfmex.org

Con la intención de que la Alianza Mexicana por la Restauración de Ecosistemas (AMERE) participe en el “2° Congreso Manglares de América”, a continuación, se contextualiza sobre dicha Alianza y se hace una descripción de sus aportaciones al Congreso.

INTRODUCCIÓN

Con el establecimiento del Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas 2021-2030, se abre la oportunidad de posicionar el tema de restauración en los diferentes sectores relacionados con la gestión de paisajes, promoviendo que los tres niveles de gobiernos trabajen en la implementación de políticas que se alineen al interés internacional. Es en este marco que se crea la AMERE, cuyo objetivo es articular iniciativas, compartir y generar información e incidir en las políticas públicas y privadas en temas de restauración en su más amplio sentido.

Reforestamos México, el World Resources Institute (WRI México), The Nature Conservancy (TNC México) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF México) han unido esfuerzos para impulsar esta Alianza y sumar a múltiples actores multinivel del sector gubernamental y de la sociedad civil, incluyendo a la academia, sector privado, comunidades de base, organizaciones no gubernamentales, entre otros.

La AMERE tiene como visión que para el 2030 en México todos los sectores contribuyan a una cultura de restauración reflejada en la implementación armónica de las políticas y las iniciativas de desarrollo en el territorio, con un enfoque de paisaje, recuperando la funcionalidad de los ecosistemas de México y conservando los servicios ambientales y la gran biodiversidad del país.

La Alianza se ha planteado la meta de articular y sumar procesos de restauración en diversos paisajes terrestres, acuáticos y costero-marinos en México a través de cuatro pilares estratégicos (incidencia, mercados y emprendimiento, mecanismos financieros, e implementación) y dos líneas de trabajo transversales (comunicación e innovación).

Sus objetivos particulares son:

1. Impulsar el desarrollo e implementación de una agenda, visión o Estrategia Nacional de Restauración (ENAREST).
2. Asegurar la participación de los diferentes actores y sectores en el diseño e implementación de la ENAREST.

3. Contribuir a la implementación de distintas políticas públicas y privadas que favorezcan la restauración en el territorio.
4. Promover inversiones en el territorio que aseguren una implementación participativa, efectiva y eficiente.
5. Apoyar el funcionamiento de un Sistema Nacional de Monitoreo de Restauración.
6. Revertir la curva de deterioro y degradación estableciendo prácticas y objetivos que ayuden a reparar la estructura, función, diversidad y dinámica de los ecosistemas degradados.

A fin de poder coordinar los esfuerzos de la AMERE para fortalecer, alinear, consolidar y liderar el trabajo y los impactos de la Alianza en sus distintos componentes, se está trabajando detalladamente en su planeación y definición estratégicas con el objetivo de establecer una línea base de acción y una meta de restauración tangible para los múltiples actores involucrados en la restauración en México.

La AMERE busca ser el punto de encuentro para todos aquellos involucrados en la restauración de ecosistemas a gran escala en México, así como ser una plataforma de vinculación entre proyectos de restauración y potenciales financiadores. De esta forma, México estará en posibilidades de lograr una restauración ecológica y productiva óptima para el desarrollo y salud de las personas y de los ecosistemas, que lo posicione a nivel regional y global, y lo ayude al logro de sus compromisos internacionales.

LOS ECOSISTEMAS DE MANGLAR EN LA AMERE

La AMERE fortalece sus esfuerzos a través de dos mecanismos: 1) las alianzas estratégicas nacionales e internacionales; y 2) los grupos de trabajo enfocados a temas diversos. Uno de estos grupos de trabajo está enfocado al fortalecimiento del diálogo en materia de restauración costero-marina, dándole crucial importancia a los manglares como uno de los ecosistemas clave para enfocar esfuerzos de restauración durante los próximos diez años.

Al ser el cuarto país con mayor cobertura de manglar, y el ecosistema con mayor captura de carbono, está claro que México debe enfocar esfuerzos de conservación, restauración y aprovechamiento sustentable de sus manglares en todo el territorio nacional.

Los manglares desempeñan un papel fundamental en la contribución a la mitigación y adaptación al cambio climático, la resiliencia costera y la reducción del riesgo de desastres a través de la captura de carbono, la protección de las costas y mitigación del riesgo de erosión e inundaciones, así como la protección de la biodiversidad al fungir como hábitat de numerosas especies, lo que a su vez incide en asegurar los medios de vida y seguridad alimentaria de las comunidades locales. Se trata de un ecosistema que además de contribuir de manera directa a la consecución de las metas climáticas y de biodiversidad, funge como un catalizador de desarrollo sostenible por sus numerosos co-beneficios de carácter ambiental, social y económico.

Si bien México ha emprendido diversas acciones en la materia desde su adscripción a la Convención de Ramsar, en la actualidad prevalecen importantes retos para la conservación efectiva de sus manglares, los cuales se han visto sujetos a fuertes presiones por cuestiones asociadas a los cambios de uso de suelo, la expansión irregular de la mancha urbana hacia las costas y el subsecuente desarrollo de infraestructura, los cambios en los flujos hídricos asociados a dichos ecosistemas, la degradación del hábitat, entre otros.

Es por ello que la AMERE, a través del Grupo de Trabajo Costero-Marino, busca posicionar la agenda de conservación y restauración de manglares en territorio mexicano, fomentando el diálogo y la interlocución de actores involucrados, compartiendo información, visibilizando proyectos de restauración en estos ecosistemas, y vinculando a actores en territorio con potenciales financiadores alrededor del mundo.

Asimismo, busca el fortalecimiento y desarrollo de instrumentos de política pública en la materia que fomenten la formulación y fortalecimiento de los marcos normativos y políticas públicas en materia de conservación y restauración de manglares a diferentes escalas gubernamentales, así como el robustecimiento de los andamiajes institucionales y mecanismos de gobernanza multi-actor para la protección efectiva de los manglares.

LA AMERE EN EL CONGRESO

La AMERE podrá coadyuvar en los esfuerzos del 2° Congreso Manglares de América, a través de las siguientes líneas de acción:

1. Dar a conocer sus esfuerzos en torno a la restauración ecológica y productiva de los ecosistemas en México.
2. Visibilizar y fortalecer temas de restauración costero-marina en México a través del Grupo de Trabajo Costero-Marino.
3. Vincular a proyectos y esfuerzos de restauración de manglar en el territorio mexicano.

PRESENTACIÓN DE LA ALIANZA MEXICANA PARA LA RESTAURACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS AMERE

4. Mapear potenciales actores/aliados clave que contribuyan activamente al Grupo de Trabajo Costero-Marino y a otros intercambios de experiencias.

Palabras clave: ENAREST: Estrategia nacional de restauración, Sistema Nacional de Monitoreo de Restauración, Grupo de trabajo marino-costero.



ALIANZA
MEXICANA POR LA
RESTAURACIÓN DE
ECOSISTEMAS



 WRI MEXICO





Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



HACIA UNA AGENDA DE RESTAURACIÓN DE MANGLARES EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA MARISMAS NACIONALES NAYARIT

Vázquez Morán

Víctor Hugo¹

Jacobo Enciso Pilar²

Paiz Yves³

Mascote Coral²

1Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Galeana 27 altos, col. Centro, Santiago Ixcuintla, Nayarit, 63300

2WWF (World Wildlife Fund) México.

3TNC (The Nature Conservancy).

Correspondencia · Corresponding Author

Vázquez Morán, Víctor Hugo

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)

vvazquez@conanp.gob.mx

INTRODUCCIÓN

La Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Nayarit (RBMNN) está ubicada al noroeste del estado de Nayarit y protege una gran parte de uno de los humedales de mayor relevancia del Pacífico mexicano, el humedal de Marismas Nacionales, compuesto por marismas y manglares. Este humedal posee una gran diversidad faunística, destacando las aves y los felinos, y respecto a la vegetación, destacan las cuatro especies de manglar que predominan en México. Esta riqueza biológica le ha permitido al humedal ser considerado como uno de los productivos de la región específicamente en el tema de pesca y acuacultura.

Sin embargo, esta diversidad biológica y productividad están en riesgo por diferentes causas entre ellas la tala ilegal, el cambio de uso de suelo para agricultura, ganadería y camaronicultura; la red de carreteras locales que interrumpen el flujo hidrológico, los distritos de riego que modifican los aportes de sedimentos afectando los aportes de agua dulce. Y de manera muy puntual el Canal de Cuautla que modificó el ingreso de agua salada al humedal incrementando la salinidad de algunas lagunas.

Dentro de la RBMNN se encuentra el Subprograma de Restauración el cual menciona la necesidad de identificar sitios con algún grado de deterioro, así como establecer las medidas para su recuperación. Pero además el Subprograma señala como uno de sus objetivos específicos, el desarrollo de un programa permanente de restauración con la participación de comunidades, ONG y dependencias de gobierno de los tres órdenes del Gobierno.

Actualmente en la RBMNN hay diversos esfuerzos de restauración sin embargo son insuficientes y responden más a prioridades locales y no a las prioridades de la funcionalidad del ecosistema. Además de que no hay un monitoreo de los esfuerzos de restauración por lo que se desconoce el impacto real de estos esfuerzos.

HACIA UNA AGENDA DE RESTAURACIÓN DE MANGLARES EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA MARISMAS NACIONALES NAYARIT

Por ello surge la necesidad de generar una agenda de restauración que permita la coordinación de los esfuerzos diversos, complemente la experiencia empírica local con análisis científicos y genere las condiciones habilitadoras para la participación comunitaria. El desarrollo y coordinación de esta Agenda es por parte de WWF, TNC y CONANP.

OBJETIVOS

1. Identificar y priorizar las acciones factibles de restauración a implementar a nivel local, derivado de la caracterización de la degradación ecosistémica en Marismas Nacionales.
2. Crear gobernanza apropiada y marcos de gestión pública que impulsen la conservación y restauración de Marismas Nacionales, guiados por un plan de restauración basado en comunidades y ciencia.
3. Implementar y monitorear el plan de restauración, acordado por comunidades y contribuyendo a las metas definidas en el Programa de Manejo de la RBMNN.

METODOLOGÍA

- Construcción participativa de la Agenda.
- Vinculación y socialización de la Agenda.
- Mapeo de los esfuerzos de restauración de las instituciones, dependencias y ONGs que han trabajado en la zona.
- Caracterización de los sitios prioritarios de restauración.
- Diseño de estrategia de restauración de los sitios prioritarios de restauración.
- Fortalecimiento de capacidades en temas de restauración y políticas públicas asociadas a la restauración, de los socios, así como de ejidos y comunidades que participen.
- Implementación de la estrategia de restauración y acompañamiento coordinado con socios implementadores a ejidos y comunidades que participen.
- Divulgación de resultados.
- Diseño y elaboración del programa permanente de monitoreo y seguimiento de actividades de restauración.

RESULTADOS

Los siguientes son resultados preliminares ya que la Agenda continúa en revisión.

- Se encuentra terminado el borrador de la Agenda.
- Ya se cuenta con el análisis de los sitios prioritarios de restauración, así como el mapeo de actores.
- Ya se encuentran consolidadas las alianzas con socios para atender algunos puntos de la Agenda, como CONAFOR, CINVESTAV Unidad Mérida, SmartFish A.C., y la Universidad de Griffith.

Palabras clave: Restauración, área natural protegida, gobernanza.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



IMPORTANCIA DE LA PARTICIPACION COMUNITARIA EN LA REHABILITACIÓN ECOLÓGICA DE MANGLARES, GOLFO DE NICOYA, COSTA RICA

Jose Quirós-Orlich¹

Francisco Pizarro-Bustos²

¹Conservación Internacional, San José, Costa Rica.

²Conservación Internacional, consultor

Correspondencia · Corresponding Author

Jose Quirós-Orlich

Conservación Internacional, San José, Costa Rica.

jquiros@conservation.org

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de manglar brindan un importante número de servicios ecosistémicos (SE), especialmente a las comunidades adyacentes o más cercanas a estos. Un análisis sobre el valor económico de los SE realizado en el Golfo de Nicoya (GN) estima como tercer servicio más importante la provisión de alimentos (Hernández et al., 2018)

En el periodo 1990 – 2012 se estima una pérdida de 4 000 ha de manglares en Costa Rica (CR) (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2012). En el GN el deterioro del manglar entre 1956 y 2014 llevó a la pérdida de 2 104 ha (Cifuentes et al., 2014). La expansión de la frontera agrícola, construcción de estanques para la producción de camarones y sal, comparten la mayor cuota de la destrucción. En las últimas décadas el desarrollo urbano y procesos de sedimentación se suman como contribuyentes importantes en la degradación de este ecosistema.

Las afectaciones a los manglares del GN representan de manera histórica desafíos para las instituciones responsables de la gestión de estas áreas. Se ha aprobado legislación prohibiendo la tala del mangle y se reduce los usos a investigación, capacitación, ecoturismo y extracción regulada de moluscos.

El deterioro del manglar y su importancia para las pesquerías, junto con la reducción de las capturas de peces y moluscos marcan en CR el inicio de un periodo de gestión pública de los manglares de la mano con la comunidad. En los últimos 7 años comienza la rehabilitación de manglares de forma planificada, institucional y participativa. Comunidades, ONG, Universidades y el sector privado se han involucrado en la iniciativa de mayor envergadura de CR, con el desafío de restaurar 300 ha de manglares en el GN.

OBJETIVOS

Objetivo general

Rehabilitar las condiciones hidrológicas de 300 ha de manglar mediante la participación comunitaria en el Humedal Estero Puntarenas y Humedal Níspero.

Objetivos específicos

1. Fortalecer las capacidades locales a través de entrenamiento e intercambios de experiencias en rehabilitación y monitoreo comunitario de manglares.
2. Implementar acciones de rehabilitación hidrológica, mantenimiento y monitoreo de manglares mediante la participación de Asociaciones locales comunitarias.

METODOLOGÍA

La participación comunitaria en el marco del proyecto restauración de manglares y política de carbono azul (PRMYPCA), ejecutado por Conservación Internacional (CI), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), se formalizó mediante la firma de acuerdos de conservación entre CI y dos Asociaciones locales (Asociación de Mujeres para la conservación del Golfo de Nicoya; Asociación de Desarrollo de la Comunidad de Pitahaya - El Establo).

Se identificaron 2 sitios de rehabilitación en el Humedal Estero Puntarenas y Manglares Asociados (HEPyMA) y diversos sitios en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Cipanci. Se coordinó con cada organización las medidas de intervención con base en un plan de rehabilitación para cada sitio. Previo al desarrollo de actividades en sitio se planificó un proceso de capacitación con el equipo técnico, autoridades y operarios.

RESULTADOS

Se requirió la participación de 42 comunitarios para la implementación de los planes de rehabilitación de las áreas identificadas. Se ejecutaron actividades de apertura de canales para el abastecimiento de agua desde los esteros hasta las áreas de rehabilitación, la apertura de muros en estanques en desuso, desazolve de canales y esteros, control de las dimensiones y nivel del fondo de los canales construidos con maquinaria, limpieza de áreas, mantenimiento y corta de maleza en los bordes de los canales.

Sitio 2 HEPyMA. Se intervinieron 29.9 ha. Cuatro comunitarios (100% hombres) participaron en el control de dimensiones y niveles de 4 canales primarios (1 569 metros lineales) y 19 canales secundarios (3 357,7 metros lineales). Otros 20 comunitarios (100% hombres) de las comunidades de Pitahaya y El Establo construyeron de forma manual 937 metros lineales de canales en áreas de manglar, removiendo en total 1 874 m³ de lodos.

Sitio 3 HEPyMA. La intervención se realizó en 125 ha. La obra con maquinaria consistió en 6 canales primarios (3 590,17 metros lineales) y 32 canales secundarios (8 196,12 metros lineales), el control de dimensiones y niveles lo realizaron los comunitarios (total 11 786,29 m). Con el apoyo de 15 comunitarios de Pitahaya y El Establo (100% hombres) se realizó el desazolve y construcción de 1 590 metros lineales de canales en áreas de manglar (3 180 m³ de lodos).

Sitio Cipanci. Se implementó actividades de rehabilitación en 143,9 ha de estanques de camarón en desuso. Las obras incluyen 1 305,6 metros lineales en desazolve de canales, 7 163,3 metros lineales de canales dentro de los estanques y 23 puntos de apertura de muros. Todo realizado de forma manual, participaron 18 comunitarios, 7 mujeres (39 %) y 11 hombres (61 %) de la Asociación de Mujeres para la Conservación del Golfo de Nicoya. Capacitaciones y monitoreo. Se capacitó 24 comunitarios de Pitahaya - El Establo y 18 de la comunidad de Níspero, se les transfirió conocimiento y entrenamientos en rehabilitación de la hidrología de áreas de manglares en condición degradada o destruida. Se capacitaron 12 personas de Pitahaya - El Establo y 6 de la comunidad de Níspero para el monitoreo comunitario de manglares. Se realizó un intercambio de experiencias entre las comunidades de Isla Chira y Pitahaya - El Establo, ambas con proyectos de rehabilitación de manglares.

DISCUSIÓN

El PRMYPCA, se convierte en la primera iniciativa costarricense que logra implementar acciones de rehabilitación de manglares en 300 ha, con participación de 42 comunitarios que recibieron un incentivo económico. Otras iniciativas en desarrollo y menor alcance en términos de área (meta 58 ha), también han involucrado a comunitarios (Osa Conservación, 2021).

El mecanismo de participación formal a través de la firma de acuerdos de conservación, facilita y define los alcances y reglas de la relación entre el ejecutor y las comunidades locales. Los reportes de avances y los medios de verificación de los trabajos en campo aseguran la implementación conforme lo planificado. El interés local,

IMPORTANCIA DE LA PARTICIPACION COMUNITARIA EN LA REHABILITACIÓN ECOLÓGICA DE MANGLARES, GOLFO DE NICOYA, COSTA RICA

la sostenibilidad y éxito de la rehabilitación se fortalecen con la presencia institucional, la capacitación y el entrenamiento que reciben los comunitarios.

El modelo de rehabilitación de manglares en estanques en desuso (sitio Cipanci) y en el HEPyMA (sitios 2 y 3) podrán replicarse en otras áreas de condiciones similares.

Mediante esta iniciativa se ha puesto en marcha en el país el diseño de un Modelo de Desarrollo Comunitario de Carbono Azul, que permita la inversión de recursos en comunidades asociadas a ecosistemas de manglar donde existan propuestas de conservación y manejo sostenible.

CONCLUSIONES

Invertir en la participación de comunidades locales es esencial en el desarrollo de iniciativas de rehabilitación de manglares.

La rehabilitación de manglares a través de la participación comunitaria es fuente de apropiación local y oportunidad de trabajo para las familias.

La capacitación, entrenamiento e intercambios de experiencias mantienen el interés sobre la rehabilitación de manglares.

REFERENCIAS

BIOMARCC-SINAC-GIZ. (2012). Evaluación de carbono en el Humedal Nacional Terraba-*Sierpe*. San José – Costa Rica. 33 pp.

Cifuentes - Jara Miguel, Christian Brenes, Marilyn Manrow, Danilo Torres., (2014). Dinámica de uso de la tierra y potencial de mitigación de los manglares del Golfo de Nicoya, Costa Rica. Conservación Internacional, CATIE. 44p.

Conservación Osa., (2021). Informe preliminar. Proyecto Fortalecimiento efectivo de los ecosistemas mangles en Costa Rica (Terraba-*Sierpe*) y mejoramiento de la calidad de vida de la población costera local. 12pp.

Hernández-Blanco, M; Costanza, R; Cifuentes-Jara, M (2018). Valoración económica de los servicios ecosistémicos provistos por los manglares del Golfo de Nicoya. San José, Costa Rica: Conservación Internacional. 72 pp.

Palabras clave: Participación comunitaria, rehabilitación, manglares, Golfo de Nicoya.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



EVALUATION OF THE ADULT PUBLIC PERCEPTION ABOUT MANGROVE ECOSYSTEMS ON A WORLDWIDE AND BRAZILIAN SCALES

Julia Lima Santos¹
Marília Cunha-Lignon¹
Ricardo Palamar Menghini²
João Vicente Coffani-Nunes¹

1Universidade Estadual Paulista (Brazil), julia-lima.santos@unesp.br, 2Universidade Paulista (Brazil)

Correspondencia · Corresponding Author

Julia Lima Santos
Universidade Estadual Paulista

INTRODUCTION

Mangroves are one of the most productive and biologically diverse ecosystems, directly and indirectly providing essential goods and services to human populations. Despite the socio-economic and environmental benefits of mangroves, their depletion is an ongoing practice - an estimated 20% of mangroves were lost between 1980 and 2005. Major drivers of mangrove destruction are often the conversion of those to aquaculture or agriculture, large-scale industrial harvesting for timber, wood chip, and pulp production, and pollution by nutrients, pesticides, besides other toxic chemicals and sewage (UNEP, 2014). In addition, in Brazil alone it is estimated that mangroves have been affected by urban, industrial, and tourist facilities, causing deforestation and landfilling of mangrove areas (ICMBio, 2018).

Mangrove forests present an image that is not very pleasant to the public, due to their smell and species such as insects, which annoy the population and contribute to the large-scale deforestation and drainage of mangroves (Dahdhou-Guebas et al., 2020).

The studies of environmental perception are shown as a tool capable of analyzing the interrelationships between man and nature, passing through the socio-economic, environmental, educational, and cultural spheres of individuals or human populations to propose rational uses of available natural resources (Ornellas, 2019).

OBJECTIVES

The current study aims to evaluate the perception of the adult public about the mangrove on a worldwide and Brazilian (national) scale, considering different degrees of interaction with the ecosystem.

METHODS

The research was aimed at adults in the mangrove ecosystem, including people who live far from coastal areas and those who were raised in the coastal culture around the world and in Brazil. Thereunto, two forms were prepared, one with 17 questions (in Portuguese) and the other with 18 (in English). To share the questionnaire,

EVALUATION OF THE ADULT PUBLIC PERCEPTION ABOUT MANGROVE ECOSYSTEMS ON A WORLDWIDE AND BRAZILIAN SCALES

various ways of communication were used, from social networks to online chats. The collection of responses to the questionnaires was carried out from 02/14 to 05/30, 2022. After being collected, the responses were placed in Excel spreadsheets, where they were analyzed.

For the description of the mangrove in five words, every word cited was put on a spreadsheet, where they were organized from the one mentioned the most to the ones that were referred only once. After that, a weighted average was attributed to each depending on how many people mentioned it. At last, the Wordart website was used to form a word cloud. Regarding the authorization of this research by the Ethics Committee, the request was made via Plataforma Brasil on 01/03/2022 (Protocol 57629122.3.0000.5420).

RESULTS

The survey had responses from almost all regions of Brazil (51% from the Southeast, 29% from the Northeast, 16% from the South, and 4% from the North). No responses were obtained from the Midwest region and is important to highlight that this region is the only one in Brazil that don't have the presence of mangroves in it. On a worldwide scale there were responses from 21 countries besides Brazil (Figure 1), where 32% were from North America, 27% from Central America, 24% from Europe, 9% from Asia, 6% from South America and 2% from Oceania. A total of 192 responses were obtained, 129 (67.2%) from the national form and 63 (32.8%) from the international form.



Figure 1: World map with indication of countries where there were respondents made with AmCharts.

When asked for five words that refer to mangroves, the total of respondents pointed to more than 220 words in Portuguese and 116 words in English. Among the most mentioned words in Portuguese were ecosystem, life, nursery, mud, crab, protection, water, diversity, nature, brackish water, food, tree, fauna, and roots (Figure 2); meanwhile, international respondents cited trees, beautiful, protection, roots, coast, important, ecosystem, habitat, saltwater, tropical, complex, plant, swamp areas, water, wet, green, bush, fish and growth (Figure 3).



Figure 2. Cloud with the words most mentioned by Brazilian respondents. The size of each word indicates the number of citations.



Figure 3. Cloud with words most cited by respondents in the international form. The size of each word indicates the number of citations.

DISCUSSION

Different profiles of answers were shown between the two forms. This may be a result of the difference in how the two publics interact with mangroves, as people in Brazil use the ecosystem as an income source and people from outside maybe don't, using it as a cultural center in tourism; for this same reason, the trees, roots, and the beauty of mangroves may have attracted the attention of foreigners more than Brazilians, who are closer to mangroves and other tropical forests.

Even so, for the two audiences interviewed, the words protection and ecosystems appear among the most prominent, highlighting the understanding of recognizing the mangrove as a unique ecosystem that plays an important role in protecting the coastal region.

Queiroz et al. (2017) demonstrate the relevance of considering local users' perceptions in conservation policies, showing that the understanding of mangroves affects its status.

CONCLUSION

The study shows that the perception of mangroves depends on the influence of how people got to know and interacted with this ecosystem. Nevertheless, both audiences understand the importance of mangroves in protecting the coastal region, being a source of food and raw materials, supporting animal species and the nutrient cycle, being also a good place for visiting and helping regulate not only itself but also adjacent ecosystems through carbon sequestration, erosion and sediment control, for example.

REFERENCES

- Dahdouh-Guebas F., et al. (2020). Public perceptions of mangrove forests matter for their conservation. *Frontiers in Marine Science*: 901.
- Duke, Norman, et al. (2014). *The importance of mangroves to people: a call to action*. United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC).
- ICMBIO. Atlas of mangroves in Brazil. 2018
- Lemos Ornellas J. Percepção ambiental em relação aos serviços ecossistêmicos do manguezal das comunidades tradicionais. (2019).
- Souza Queiroz L., et al. (2017). Neglected ecosystem services: Highlighting the sociocultural perception of mangroves in decision-making processes. *Ecosystem Services* 26: 137-145.

Keywords: Interview form, society-environment interaction.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



CARBONO AZUL EN MANGLARES DE BORDE Y CUENCA DE UNA RESERVA DE BIÓSFERA INSULAR OCEÁNICA DESPUÉS DEL HURACÁN IOTA

Selene Rojas-Aguirre
Sebastian Herrera-Fajardo¹
Joaquín Torres-Duque¹
Daniela Enríquez-Fernández¹
Paula Cristina Sierra-Correa¹
Anny Zamora-Bornachela¹
Diana Isabel Gómez-López¹
David Alonso-Carvajal¹

Correspondencia · Corresponding Author

Selene Rojas-Aguirre

INTRODUCCIÓN

El conocimiento sobre las existencias de carbono almacenado en manglares de una Reserva de Biósfera insular oceánica puede ser una oportunidad para respaldar estrategias relacionadas con la conservación y los co-beneficios entre mitigación y adaptación al cambio climático en ecosistemas carbono azul (Pendleton *et al.*, 2012; Howard *et al.*, 2018). En el presente estudio se evaluó el contenido total de carbono orgánico en las reservas aéreas y subterráneas de manglares de borde y de cuenca de la isla de Providencia y Santa Catalina, un año después del paso del Huracán IOTA de categoría 5 (DIMAR-CIOH, 2020). Los resultados permitirán avanzar en el conocimiento de los almacenes de carbono en islas oceánicas.

OBJETIVOS

Determinar las existencias de carbono en manglares de borde y cuenca a 50 cm de profundidad en una Reserva de Biósfera insular oceánica después del impacto del huracán IOTA, evaluando tres reservorios de carbono (biomasa aérea, necromasa y suelo).

METODOLOGÍA

El estudio fue realizado en una isla oceánica pequeña, de acuerdo con la UNESCO, localizada dentro del Área Marina Protegida de la Reserva de Biósfera Seaflower, en el Caribe colombiano. La cobertura viva de manglar era de 63 ha, la cual después del huracán IOTA en 2020, se vio afectada en más del 90% (INVEMAR-CORALINA, 2020; INVEMAR, 2021). En el año 2021 se evaluaron las existencias de carbono orgánico almacenado en los manglares de borde y cuenca a partir de 12 parcelas circulares de 452 m² (Kauffman *et al.*, 2013; Howard *et al.*, 2018).

RESULTADOS

El huracán IOTA tuvo un mayor impacto sobre los manglares de borde ($54.6 \pm 17.4 \text{ Mg C ha}^{-1}$ en la necromasa) que de cuenca ($24.1 \pm 11.1 \text{ Mg C ha}^{-1}$), y a pesar de ello el carbono orgánico almacenado en el suelo a 50 cm de profundidad en los manglares de borde fue mayor ($128.5 \pm 137.3 \text{ Mg C/ha}$) que en los de cuenca ($61.7 \pm 33.4 \text{ Mg C/ha}$). El carbono orgánico total almacenado en los manglares de borde fue de $211.1 \pm 46.1 \text{ Mg C/ha}$, mientras que en los mangares de cuenca fue de $112.9 \pm 14.8 \text{ Mg C/ha}$.

DISCUSIÓN

Se encontró que el impacto del huracán IOTA fue mayor sobre manglares de borde que de cuenca debido a que hubo una mayor mortalidad de la especie dominante, *Rhizophora mangle* y por ende un mayor contenido de carbono almacenado en la necromasa; mientras que en manglares de cuenca, donde *Avicennia germinans* fue la especie dominante, se registró una mayor sobrevivencia. Tovilla y Orihuela (2004) reportaron que el porcentaje de impacto del huracán Rosa en los manglares de México, fue mayor en *Laguncularia racemosa*, seguido por *A. germinans* y después por *R. mangle*, lo cual presentó un comportamiento contrario al hallado en este estudio, donde los manglares de borde dominados por *R. mangle* presentaron la mayor mortalidad y fueron los que mayor contenido total de carbono almacenaron.

CONCLUSIONES

Los manglares de borde de la isla oceánica de la Reserva de Biósfera Seaflower, a pesar de ser los más impactados por el huracán IOTA almacenaron más contenido de carbono orgánico total, que los manglares de cuenca que se encuentran más al interior y protegidos por los de borde.

REFERENCIAS

- DIMAR-CIOH (Dirección General Marítima – Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe). 2020b. Comunicado Especial No. 9 “Huracán IOTA Categoría 5”. Publicado el 16 de noviembre de 2020.
- Howard, J., S. Hoyt, K. Isensee, E. Pidgeon y M. Telszewski (Eds.). 2018. Carbono azul: Métodos para evaluar las existencias y los factores de emisión de carbono en manglares, marismas y pastos marinos. Conservation International, Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Arlington, Virginia, EE.UU. 182 p.
- INVEMAR-CORALINA, 2020. Evaluación del estado de los ambientes marinos, costeros (manglares, corales, pastos marinos, playas, calidad del agua) y oceanográficos (operación de la boya oceanográfica) en jurisdicción de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (CORALINA) (Monitoreo del estado del Ecosistema de Manglar. pp. 57-178). Informe Técnico Final. Convenio 001-2020. CORALINA-INVEMAR. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés, Santa Marta. 242 p.
- INVEMAR, 2021. Capítulo VI: Operación Cangrejo Negro. En: Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2020. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3, pp. 189–224.
- Kauffman, J. B., D. C. Donato y M. F. Adame. 2013. Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares. Documento de Trabajo 117. CIFOR. Indonesia. 48 p.
- Pendleton, L., D. C. Donato, B. C. Murray, S. Crooks, W. A. Jenkins y S. Sifleet. 2012. Estimating Global “Blue Carbon” Emissions from Conversion and Degradation of Vegetated Coastal Ecosystems. PLoS ONE 7(9): e43542.
- Tovilla, C. y D. E. Orihuela. 2004. Impacto del huracán Rosa sobre los bosques de manglar de la costa norte de Nayarit, México. Madera y Bosques 10: 63-74.

Palabras clave: Carbono azul, manglar, huracán, reservorio, suelo.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



BRAZILIAN MANGROVES: BLUE CARBON HOTSPOTS OF NATIONAL AND GLOBAL RELEVANCE TO NATURAL CLIMATE SOLUTIONS

Andre Rovai¹
Robert Twilley¹
Thomas Worthington²
Pablo Riul³

¹Department of Oceanography and Coastal Sciences, College of the Coast & Environment, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803, USA. | ²Conservation Science Group, Department of Zoology, University of Cambridge | ³Departamento de Sistemática e Ecologia, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba

Correspondencia · Corresponding Author

Andre Rovai
Department of Oceanography and Coastal Sciences, College of the Coast & Environment
arovai1@lsu.edu

INTRODUCTION

Mangroves are known for supporting large carbon stocks and high sequestration rates in biomass and soils. However, few countries have the national-level inventories required to support the inclusion of mangroves into national carbon credit markets. This is the case for Brazil, home to the second largest mangrove area in the world but lacking an integrated mangrove carbon inventory that captures the diversity of coastline types and climatic zones in which mangroves are present. Here we reviewed published datasets to derive the first integrated assessment of carbon stocks, carbon sequestration rates and potential CO_{2eq} emissions across Brazilian mangroves.

OBJECTIVES

Synthesize published information on Brazilian mangroves carbon stocks and fluxes to assess their significance to Brazil's intended Nationally Determined Contributions.

METHODS

Carbon stocks in above- and belowground biomass (AGB and BGB, respectively) and soils (soil organic carbon or SOC, top 1 meter) for Brazilian mangroves were computed from Rovai et al. (2021) and Rovai et al. (2018), respectively.

Carbon sequestration in mangrove woody biomass and soils were estimated based on a comprehensive literature review. Carbon dioxide equivalents (CO_{2eq}) for both carbon stock and carbon sequestration rate values were estimated using a CO₂:C stoichiometric ratio of 3.67. Potential CO_{2eq} emissions were computed on a stock-difference basis using published mangrove biomass and soil carbon stock estimates and carbon sequestration rates.

Further, we coupled land use change-specific carbon emission factors (Sasmitho et al., 2019) with a high-resolution map of drivers of mangrove forest loss (Goldberg et al., 2020) to determine the dominant historical cause of mangrove degradation for each Brazilian state. Dominant state-level emission factors were multiplied by carbon stocks in AGB and in soils separately and then summed to compute ecosystem-level potential CO_{2eq} emissions.

RESULTS

Brazil holds 8.5% (or 0.32 PgC) of the world's mangrove organic carbon stocks. On a per-area basis, Brazilian mangroves store on average 66, 33 and 241 MgC ha⁻¹ in AGB, BGB and soils, respectively.

Carbon sequestration in Brazilian mangroves' woody AGB was estimated at 3.18 MgC ha⁻¹ yr⁻¹, totaling 2.44 TgC yr⁻¹, which is equivalent to 10% of all carbon sequestered in mangroves AGB globally. Carbon sequestration rates in Brazilian mangrove soils was estimated at 2.81 MgC ha⁻¹ yr⁻¹, totaling 2.14 TgC yr⁻¹ or 13.5% of the total amount of carbon buried annually in the world's mangroves.

Highest potential CO_{2eq} emissions (>900 MgCO_{2eq} ha⁻¹) resulting from loss of existing mangrove forests were estimated for Brazil's northern states, where > 80% of the country's mangroves are located, mainly driven by coastal erosion. Agriculture/aquaculture- and settlement-based losses were also anticipated to cause high potential CO_{2eq} emissions (>500 MgCO_{2eq} ha⁻¹) mostly along Brazil's northeast and southeast shores, as these activities represent a considerable loss of both aboveground and soil carbon compartments. Lowest potential CO_{2eq} emissions were linked to episodic extreme weather events that have the potential to release smaller fractions on carbon stored in AGB and soils. Lastly, foregone carbon sequestration in AGB and soil combined in Brazilian mangroves annually could total 22 MgCO₂ ha⁻¹ yr⁻¹.

DISCUSSION

Here we deliver the first integrated assessment of mangrove carbon stocks, carbon sequestration rates and potential CO_{2eq} emissions for each Brazilian state. Our estimates suggest that Brazilian mangroves can potentially release substantial amounts of carbon following mangrove forest loss, with CO_{2eq} emissions nearing those estimated for other carbon-rich mangrove forests. In addition, loss of carbon sequestration potential in both woody biomass and soils following deforestation amplifies cumulative emissions annually, shortening the country's capacity to mitigate its fossil fuel emissions and meet its NDC's.

This study also highlights important research gaps and uncertainties in Brazilian mangroves carbon inventories. For example, the greatest mangrove carbon sink capacity in mangroves lies in the soils since this ecosystem compartment continuously fixes and preserves layers of millennia-old atmospheric carbon beneath the surface. However, we still know very little about the carbon sequestration potential of Brazilian mangroves soils, particularly the contribution of the Amazon Macrotidal Mangrove Coast (AMMC) to global carbon budgets. Future carbon inventories in Brazilian mangroves should look beyond carbon stocks in biomass and soils and prioritize carbon fluxes via biomass (e.g., woody biomass growth) and soils (long-term carbon sequestration) as well as export of other carbon forms (e.g., DOC, DIC, alkalinity), which provide a direct comparison to greenhouse gases emission rates.

CONCLUSIONS

Brazil is home of 9.3% of the world's mangroves, holding 8.5% of the global mangrove carbon stocks. On a per-area basis organic carbon sequestration rates in Brazilian mangroves are 15-30% higher than recent global estimates. Integrated over the country's area, carbon sequestration in Brazilian mangroves soils account for 13.6% of the carbon buried in world's mangroves annually. Carbon sequestration in Brazilian mangroves woody biomass is also higher than global estimates, accounting for nearly 10% of carbon accumulation in mangrove woody biomass globally.

REFERENCES

Goldberg, Liza, David Lagomasino, Nathan Thomas, and Temilola Fatoyinbo. 2020. "Global Declines in Human-Driven Mangrove Loss." *Global Change Biology* 26 (10): 5844–55. <https://doi.org/10.1111/gcb.15275>.
Rovai, André S., Robert R. Twilley, Edward Castañeda-Moya, Pablo Riul, Miguel Cifuentes-Jara, Marilyn Manrow-Villalobos, Paulo A. Horta, José C. Simonassi, Alessandra L. Fonseca, and Paulo R. Pagliosa. 2018. "Global Controls on Carbon Storage in Mangrove Soils." *Nature Climate Change* 8 (June): 534–38. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0162-5>.

BRAZILIAN MANGROVES: BLUE CARBON HOTSPOTS OF NATIONAL AND GLOBAL RELEVANCE TO NATURAL CLIMATE SOLUTIONS

Rovai, Andre S, Robert R. Twilley, Edward Castañeda-Moya, Stephen R. Midway, Daniel A. Friess, Carl C. Trettin, Jacob J. Bukoski, et al. 2021. “Macroecological Patterns of Forest Structure and Allometric Scaling in Mangrove Forests.” *Global Ecology and Biogeography* 30 (5): 1000–1013. <https://doi.org/10.1111/geb.13268>.
Sasmito, Sigit D., Pierre Taillardat, Jessica N. Clendenning, Clint Cameron, Daniel A. Friess, Daniel Murdiyarso, and Lindsay B. Hutley. 2019. “Effect of Land-Use and Land-Cover Change on Mangrove Blue Carbon: A Systematic Review.” *Global Change Biology* 25 (12): 4291–4302. <https://doi.org/10.1111/gcb.14774>.

Keywords: Brazil, mangrove forests, blue carbon, hotspot, CO2 equivalent emissions.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



RESILIENCIA DEL ECOSISTEMA DE MANGLAR EN EL PARQUE NACIONAL CAGUANES

Armando Falcón-Méndez¹
Norgis Valentín Hernández-López¹
Daily Yanetsy Borroto-Escuela¹
Idania Hernández-Ramos¹

¹Parque Nacional Caguanes, Centro de Servicios Ambientales de Sancti Spiritus. CITMA. Cuba.

Correspondencia · Corresponding Author

Armando Falcón-Méndez
Calle Panchito Gómez # 145, Yaguajay, Sancti Spiritus, Cuba.
dborroto76@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los manglares, conjuntamente con los herbazales y los bosques de ciénagas, son considerados humedales costeros, y tienen importantes funciones ecológicas en el mantenimiento de la estabilidad entre la zona marina y los ecosistemas terrestres, se desarrollan en las zonas tropicales y subtropicales del planeta. En Cuba, están distribuidos en más del 50% de las costas, y ocupan el 5,1% de la superficie del país, representando el 20,1% del área boscosa actual, por lo que constituyen una reserva forestal muy valiosa (Montero García et al., 2017). El Parque Nacional Caguanes (PNC), es un área protegida de significación nacional perteneciente al Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Cuba (SNAP). Dentro de sus valores significativos de interés ambiental destacan las formaciones forestales que alberga, donde el ecosistema de manglar es la de mayor área, ocupando alrededor de 3 342,7 ha que representan el 61,5 % de su cobertura total (CSA, 2018).

Este ecosistema, está formado fundamentalmente por cuatro especies arbóreas, *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle prieto), *Laguncularia racemosa* (patabán) y *Conocarpus erectus* (yana), las que aparecen formando zonaciones, parches monoespecíficos o mixturados, (CSA, 2018). Los bosques de mangles del PNC, bajo protección, desde 2001, lograron alcanzar gran desarrollo, pero en septiembre de 2017, el huracán Irma, de categoría 5 impactó en la zona, provocando graves afectaciones a este ecosistema.

OBJETIVOS

El objetivo del trabajo es conocer el poder de resiliencia y el estado actual del ecosistema de manglar presente en el PNC.

METODOLOGÍA

El presente trabajo se desarrolla en el PNC, ubicado en el municipio de Yaguajay, provincia de Sancti Spiritus, en el centro norte de Cuba. Constituye una de las áreas núcleos de la Reserva de la Biosfera Buenavista, con 20 490 ha, y está declarado como sitio Ramsar por la importancia de sus humedales.

Para efectuar la investigación se dividió el área de estudio en cuatro zonas, según la estructura del ecosistema de manglar, teniendo en cuenta el último proyecto de ordenación forestal del área protegida.

Se trabajó según el Protocolo de Monitoreo del Ecosistema de Manglar de Guzmán y Menéndez (2013), donde se seleccionaron 20 parcelas fijas, ubicadas antes del paso del huracán Irma, y se compararon los datos hasta cuatro años después.

RESULTADOS

Partiendo del procesamiento que se obtuvo de las parcelas fijas, antes del huracán Irma y posteriores al paso de este, se obtienen datos que muestran resultados del comportamiento de la resiliencia del ecosistema de manglar. La especie *A. germinans*, es la de mayor distribución en el PNC, con los mayores y más extensos rodales, se le encuentra a sotavento de las mayores islas que forman Los Cayos de Piedra, donde las acumulaciones de sedimentos, han propiciado su desarrollo; a lo largo del litoral costero del municipio, también es la especie de mayor presencia y área de ocupación, pero a causa de su ecología, fue esta especie la que mayor impacto negativo tuvo a causa del huracán Irma, viéndose afectada en casi un 80%, pues los vientos derribaron gran número de individuos, y de los que quedaron en pie, quedaron defoliados, por lo que no pudieron excretar las sales, mientras que los neumatóforos, al quedar por mucho tiempo bajo la inundación, se produjo la muerte por hipoxia e intoxicación. A partir de los dos años del paso del huracán, con la producción de semillas de los individuos sobrevivientes, es que comenzó a desarrollarse de manera significativa la regeneración natural, sobre todo en zonas ocupadas por *Batis maritima* (yerba de iguana), especie que facilita la desalinización y el mejoramiento del suelo. Actualmente aparecen rodales que se recuperan, con juveniles de cuatro a 5 m.

Para el caso de *R. mangle*, en el PNC se desarrolla fundamentalmente, ocupando la línea litoral de las costas bajas, o en las riberas de canalizos y algunas lagunas; en zonas de los manglares del norte de la Ciénaga de La Guayabera, a causa del aporte hídrico, ocupa parches que pueden ser monoespecíficos. Su población se vio afectada en un 40%, principalmente la ubicada en la zona litoral. Posterior al huracán fue la especie que más rápido aportó propágulos a la regeneración natural, logrando en algunos sectores una casi total colonización, donde antes crecía solamente *A. germinans*.

La especie *L. racemosa*, se encuentra distribuida en todo el PNC, pero las mayores poblaciones se localizan en los manglares del norte de la Ciénaga de La Guayabera. Los individuos que sobrevivieron al huracán, produjeron abundantes propágulos, gracias a las lluvias del año contiguo, y la regeneración natural fue significativa, sobre todo en los rodales 5 y 7, logrando en sectores del segundo, sustituir a *A. germinans*. Actualmente en estos rodales existen individuos de 4 y 6 m.

Por su parte *C. erectus*, distribuida en todo el PNC, está más restringida en Los Cayos de Piedra, y más abundante en áreas al sur de los manglares del litoral, pues esta especie está catalogada por (Menéndez y Guzmán 2006), como pseudo mangle o especie periferal, limitando en muchos casos con zonas socioeconómicas. En los estudios se reportó que los eventos de extrema sequía, con aumento de la concentración de sales en el suelo, han sido más nefasta para la especie que los huracanes.

DISCUSIÓN

El paso del huracán Irma en el ecosistema de manglar del PNC, provocó que los árboles que quedaron en pie perdieran todo el follaje, pero la mayoría estaban muertos, sobre todo los de mayor altura, impacto que cambió la estructura del bosque y estimula la regeneración natural, al igual que lo reportado por (Menéndez y Guzmán, 2006), para bosques de manglares afectados por estos eventos.

La regeneración natural, en varias de las parcelas estudiadas después del huracán Irma, se evidenció un reacomodo de las especies al cabo de los tres años, al compararlas con los resultados obtenidos previos al mismo, coincidiendo con los resultados de (Hernández, et al. 2021), pero hay que destacar que cada especie tuvo una respuesta diferenciada, como lo reportan (Menéndez y Guzmán, 2006).

CONCLUSIONES

El bosque de manglar del PNC, tras el paso del huracán Irma, se afectó en más de un 60%, pero mostró su poder de resiliencia a través de mecanismos naturales de recuperación, que fueron más efectivos a partir de los dos años, al cabo de cuatro años en muchas áreas se desarrolla un bosque joven con alturas de cuatro a 6 m.

REFERENCIAS

- CSA (Centro de Servicios Ambientales) (2018). Plan de Manejo 2019-2023. Parque Nacional Caguanes. Inédito. 310 pp.
- Guzmán Menéndez, J.M., Menéndez Carrera, L. (2013). Protocolo para el monitoreo del ecosistema de manglar. La Habana, Editorial AMA.
- Menéndez, L. y Guzmán, J. M. 2006. El ecosistema de manglar en el Archipiélago Cubano: estudios y experiencias enfocados a su gestión. Editorial Academia, La Habana, Cuba. 331 pp.
- Hernández López, N.V Falcón Méndez, A., Ramos García, E.M., Hernández Ramos, I., Borroto-Escuela, D.Y., Caraballo Yera, J.A., Zaldívar Solís, Á., Guzmán Menéndez, J.M., Besonen, M.R., Gibeaut, J. (2021) El ecosistema de Manglar del Parque Nacional Caguanes. Rev. Invest. Mar., 41(especial), 94-106.
- Montero García, G., Martínez, J.M., Iturralde Vinent, M., Hernández, M., Alcolado Menéndez, P.M., Martínez Daranas, B., Menéndez Cabrera, L., Juanes Martí, J.L., Rodríguez, C., Fernández Márquez, A., Arellano Acosta, M., Villasol Núñez, A. (2017). Zonas costeras de Cuba. Importancia, protección y uso sostenible. Editorial científico-técnica, La Habana.

Palabras clave: Manglares, huracán, recuperación de la vegetación.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



EFFECTS OF HURRICANE IRMA ON MANGROVE FOREST STRUCTURE IN THE FLORIDA EVERGLADES, USA

Edward Castañeda-Moya¹

David Lagomasino²

John Kominoski^{1,3}

Tiffany Troxler^{1,4}

Jay Sah¹

1 Institute of Environment, Florida International University, Miami, FL 33199. | 2Department of Coastal Studies, ECU. | 3Department of Biological Sciences, FIU | 4Department of Earth and Environment, FIU

Correspondencia · Corresponding Author

Edward Castañeda-Moya

1Institute of Environment, Florida International University

ecastane@fiu.edu

INTRODUCTION

In neotropical northern latitudes such as south Florida, hurricanes are recurring high-energy disturbances that significantly change community structure and function of mangrove wetlands. Hurricane force winds change forest structure through defoliation, tree snapping, and uprooting, which in turn influence tree mortality, species composition, successional patterns, nutrient cycling, and potential loss in soil elevation. Despite the destructive impacts of hurricanes, these highly productive forested wetlands are well-adapted to recover quickly from disturbance due to their adaptations and intrinsic resilient traits. Recovery from storm damage also varies as a function of storm strength and edaphic conditions. In some cases, storms can also deliver phosphorus (P) rich mineral sediments that build elevation and provide nutrients that fertilize soils, promoting vegetation regrowth and fast recovery post-disturbance. Our research tests the extent and duration of hurricane impacts on species-specific responses, community and ecosystem trajectories, and resilience capacity in mangrove forests across the Florida Everglades landscape.

OBJECTIVES

Assess changes in mangrove forest structural attributes and species-specific responses in response to Hurricane Irma impacts (September 2017) in southwestern Florida Everglades.

METHODS

Forest structural attributes were re-measured (October 2020) in permanent plots previously established at mid- and downstream locations of Harney River (WSC-8, 10) and Broad River (WSC-13) in October 2015. We also selected another site (WSC-12) located at midstream locations of Broad River. Mid- and downstream locations of estuaries in southwestern Everglades were severely affected by the storm (Castañeda-Moya et al. 2020;

Lagomasino et al. 2021). Vegetation plots were established at 30-50 m from the shoreline at all sites. All trees with diameter at breast height (DBH, 1.3 m – 2.5 cm) were tagged and measured within each plot at all sites to determine species composition, mortality, and basal area and tree density by species and size classes. Aboveground standing wood biomass (AGB) and necromass (AGN) were calculated for each individual tree within plots using published species-specific allometric equations (Smith and Whelan 2006).

RESULTS

Basal area varied among sites and between 2015 (pre-Irma) and 2020 (post-Irma). During 2015, mean basal area was higher at WSC-13 (27.4 m² ha⁻¹) and lower at WSC-8 (23.3 m² ha⁻¹) and WSC-10 (25.5 m² ha⁻¹). Overall, basal area decreased from downstream to midstream locations along the estuary and followed the same trend within both Harney and Broad Rivers. As a result of Hurricane Irma impacts, basal area decreased dramatically at all sites during 2020, experiencing a reduction from 8-51% across sites. The relative species dominance also changed as a result of Irma impacts. During 2015, *Avicennia germinans* showed the highest dominance at downstream sites (WSC-10 & 13), with values ranging from 55-56%. At the upstream site WSC-8 in Harney River, *Rhizophora mangle* was the dominant species (53%). Species dominance changed drastically post-Irma with dominance of *R. mangle* at all sites ranging from 68-78%. Overall, along Harney River, the upstream site WSC-8 showed ~50% reduction in dominance of *A. germinans* and *L. racemosa* during 2020 compared to pre-Irma; whereas at the downstream site (WSC-10) the dominance of *A. germinans* decreased by 73%, but showed an increase in dominance of *L. racemosa* (52%) and *R. mangle* (105%). The downstream site of WSC-13 (Broad River), that showed one of the highest structural damage post-Irma, showed a reduction in species dominance of 50% (*L. racemosa*) and 70% (*A. germinans*), but a significant increase in *R. mangle* dominance (133%). During pre-Irma (2015), the contribution of larger trees (DBH > 10 cm) combined accounted for 70% of the total basal area at WSC-8; whereas at the downstream site (WSC-10) larger trees accounted for 83% of the total basal area, with ~half of the contribution (46%) dominated by trees larger than 20-35 cm. A similar percent contribution to basal area by larger tree size classes was observed at WSC-13 in Broad River. During 2015, smaller trees (DBH 2.5-5 cm) accounted for 22-29% of the total density across all sites. In contrast, the density of smaller trees during 2020 ranged from 33-51% across sites, indicating an increase in young adults post-Irma. Mean AGB varied among sites, with values ranging from 101-114 Mg ha⁻¹ during pre-Irma (2015) and from 54-95 Mg ha⁻¹ during 2020. Standing AGN was not estimated during 2015, but during 2020 AGN ranged from 47-105 Mg ha⁻¹ across all sites.

DISCUSSION

Here we provided a comprehensive assessment of mangrove forest structural changes in response to Hurricane Irma impacts in southwestern Everglades. In addition to the significant reduction in total basal area at all sites post-Irma, we observed an increase in basal area of smaller trees at all sites, particularly in near-coast mangrove sites that were severely damaged by the storm, suggesting a rapid regeneration and recruitment of juvenile saplings into adult cohorts of mangrove species. On the contrary, the decrease in basal area of larger trees is highly indicative of tree mortality post-Irma. These results are supported by a recent study that documented a 15% reduction post-Irma in mangrove canopy volume associated with tall (> 10 m), more developed trees in the Harney and Shark River estuaries using airborne and satellite remote sensing data (Lagomasino et al. 2021).

CONCLUSIONS

Changes in mangrove forest structure in the Florida Everglades as a result of Hurricane Irma impacts were evident across the coastal landscape, particularly in estuaries in southwestern Everglades. We documented a significant reduction in total basal area and a shift in species dominance in Harney and Broad River sites post-Irma, particularly at near-coast mangrove sites. However, the observed increase in basal area and tree density of smaller trees post-Irma at all sites suggest a rapid regeneration process and recruitment of juvenile saplings into adult cohorts of mangrove species. Pre-storm forest structural attributes (e.g., basal area, tree density), species composition, and storm characteristics further modified the patterns of initial mangrove damage and the timescales of recovery post-hurricane disturbance (Rivera-Monroy et al. 2019).

REFERENCES

- Castañeda-Moya, E., V. Rivera-Monroy, R. M. Chambers, X. Zhao, L. Lamb-Wotton, A. Gorsky, E. E. Gaiser, T. G. Troxler, and J. Kominoski. 2020. Hurricanes fertilize mangrove forests in the Gulf of Mexico (Florida Everglades, USA). *PNAS* **117**:4831-4841. 10.1073/pnas.1908597117.
- Lagomasino, D., T. Fatoyinbo, E. Castañeda-Moya, B. D. Cook, P. M. Montesano, C. S. R. Neigh, L. A. Copr, L. E. Ott, S. Chavez, and D. Morton. 2021. Storm surge and ponding explain mangrove dieback in southwest Florida following Hurricane Irma. *Nature Communications* **12**:4003. 10.1038/s41467-021-24253-y.
- Rivera-Monroy, V. H., T. M. Danielson, E. Castañeda-Moya, B. D. Marx, R. Travieso, X. Zhao, E. E. Gaiser, and L. M. Farfan. 2019. Long-term demography and stem productivity of Everglades mangrove forests (Florida, USA): Resistance to hurricane disturbance. *Forest Ecology and Management* **440**:79-91.
- Smith, T. J., III., and K. R. T. Whelan. 2006. Development of allometric relations for three mangrove species in south Florida for use in the Greater Everglades Ecosystem restoration. *Wetlands Ecology and Management* **14**:409-419.

Keywords: Florida Coastal Everglades, mangrove forests, Hurricane Irma, forest structure, Harney and Broad Rivers.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



ALMACENES DE CARBONO Y MACRONUTRIENTES EDÁFICOS EN MANGLARES DEL EJIDO EL TARACHI, VERACRUZ

Eliseo Hernández-Hernández^{1*}

Juan Ignacio Valdez-Hernández²

Armando Gómez-Guerrero²

Eduardo Valdés-Velarde¹

1 Universidad Autónoma Chapingo. Doctorado en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo Sostenible. Carretera México-Texcoco. Km 38.5, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230.

2 Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Posgrado en Ciencias Forestales.

Correspondencia · Corresponding Author

Eliseo Hernández-Hernández
Universidad Autónoma Chapingo
e.hernandez.hd@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los manglares contribuyen a mitigar el cambio climático almacenando grandes cantidades de carbono de la atmósfera (Pendleton *et al.*, 2012). El reservorio principal de carbono en estos ecosistemas se encuentra en el suelo (Sanders *et al.*, 2016), por lo que se deben gestionar adecuadamente para minimizar perturbaciones y conservarlo por largos periodos de tiempo (Murdiyarsa, Sasmito, Sillanpää, MacKenzie, & Gaveau, 2021).

La disponibilidad de nutrientes en el suelo (Alongi, 2014) es un factor directamente relacionado con la capacidad de almacenar carbono en los manglares. Además, son indicadores de la estabilidad del ecosistema, pues la afluencia de nutrientes a los sistemas costeros ha aumentado debido a la actividad antropogénica (Keuskamp, Schmitt, Laanbroek, Verhoeven, & Hefting, 2013).

OBJETIVOS

General: Calcular los almacenes de carbono y nutrientes edáficos en manglares bajo cuatro condiciones de manejo en el ejido El Tarachi, Veracruz.

Específicos: 1) Cuantificar los almacenes edáficos de carbono orgánico total (COT) en manglares bajo cuatro condiciones de manejo y 2) estimar los almacenes edáficos de nitrógeno total (NT), fósforo disponible (P) y potasio (K) en manglares bajo cuatro condiciones de manejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron un total de 12 sitios de muestreo (SM) en manglares del ejido El Tarachi, Veracruz. Tres SM en condiciones de conservación (CON), tres en recuperación (REC) y tres bajo manejo silvícola sostenible (MAN); estos SM se encontraban dentro de una Unidad de Manejo de Vida Silvestre (UMA). Tres SM más se ubicaron fuera de la UMA (FUM).

Se colectaron dos núcleos de suelo de 0-50 cm de profundidad en cada SM. Se estimó la densidad aparente (DAP), pH, conductividad eléctrica (CE) y la materia orgánica (MO).

El COT se midió con un autodeterminador TOC SSM 5050A Shimadzu (Ming & Takako, 2004), el NT por el método semi-micro Kjeldahl (Bremer, 1965), el P mediante el método de Bray & Kurtz (1945) y el K por el método del acetato de amonio a pH 7.0 (Rhoades, 1982).

El diseño experimental empleado fue un completamente al azar. Después de verificar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, el análisis estadístico incluyó análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de medias Tukey ($P < 0.05$).

RESULTADOS

Los valores de DAP, CE y MO no presentaron diferencias significativas entre condiciones ($P > 0.05$), mientras que el pH fue superior en el manglar bajo conservación ($P < 0.05$) (Tabla I).

Tabla I. Valores de atributos fisicoquímicos de los suelos de manglares en el ejido El Tarachi, Veracruz.

Condición	DAP	pH	CE	MO
	($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) (%)		
CON	0.9 a	7.2 a	6.2 a	4.2 a
MAN	0.8 a	6.6 b	4.5 a	6.3 a
REC	0.8 a	7.0 ab	5.6 a	4.2 a
FUM	0.9 a	6.6 b	4.5 a	3.5 a

Letras diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

El manglar bajo manejo silvícola presentó el mayor almacén de COT y NT ($P < 0.05$), los almacenes de P fueron similares en las cuatro condiciones ($P > 0.05$) y el reservorio de K fue mayor en el manglar en conservación ($P < 0.05$) (Tabla II).

Tabla II. Almacenes edáficos de carbono y macronutrientes en manglares del ejido El Tarachi, Veracruz.

Condición	COT	NT	P	K
	($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$)			
CON	108.7 b	6.2 b	0.06 a	1.1 a
MAN	139.1 a	8.1 a	0.07 a	1.0 a
REC	109.4 b	6.7 ab	0.09 a	1.4 a
FUM	108.4 b	6.8 ab	0.11 a	0.7 a

Letras diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

DISCUSIÓN

El manejo silvícola incrementó los reservorios de COT. Murdiyarsó *et al.* (2021) y Sasmito *et al.* (2020) reportaron resultados similares, al señalar que los residuos de la cosecha se acumulan e incrementan el volumen de sedimentos y de carbono edáfico.

El menor almacén de NT en el manglar bajo conservación puede ser el resultado de su edad, pues Alongi, Wattayakorn, Tirendi y Dixon (2004) señalan que los reservorios de NT disminuyen conforme incrementa la edad del manglar.

El valor inferior de P observado en la condición en conservación se relaciona con el valor superior de pH, como lo menciona Oxman, Schwendenmann y Lara (2009). Las similitudes entre los almacenes de K en las condiciones de manglar pueden deberse a que este nutriente es uno de los constituyentes del agua de mar (Alongi, 2021).

CONCLUSIONES

El manejo silvícola y aprovechamiento sostenible incrementó los almacenes de COT y NT en el suelo. La condición en la que se encuentra el manglar no causó cambios en los almacenes de P y K en el suelo.

REFERENCIAS

- Alongi, D. M. (2014). Carbon Cycling and Storage in Mangrove Forests. *Annual Review of Marine Science*, 6, 195-219.
- Alongi, D. M. (2021). Macro- and Micronutrient Cycling and Crucial Linkages to Geochemical Processes in Mangrove Ecosystems. *Journal of Marine Sciences and Engineering*, 9 (5), 456.

- Alongi, D. M., Wattayakorn, G., Tirendi, F., & Dixon, P. (2004). Nutrient capital in different aged forests of the mangrove *Rhizophora apiculata*. *Botanica Marina*, 47 (2), 116-124.
- Bray, R. H., & Kurtz, L. (1945). Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, 59 (1), 39-46.
- Bremner, J. M. (1965). Total nitrogen. In: Black, C. A. (Ed.), *Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and microbial properties*. Madison, WI, USA: American Society of Agronomy. 1049-1178 pp.
- Keuskamp, J. A., Schmitt, H., Laanbroek, H. J., Verhoeven, J. T. A., & Hefting, M. M. (2013). Nutrient amendment does not increase mineralisation of sequestered carbon during incubation of a nitrogen limited mangrove soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 57, 822-829.
- Ming, C. A., & Takako, T. (2004). Application News TOC: Total Organic Carbon in Soil. Shimadzu Corporation, Singapore. 2 pp.
- Murdiyarso, D., Sasmito, S. D., Sillanpää, M., MacKenzie, R., & Gaveau, D. (2021). Mangrove selective logging sustains biomass carbon recovery, soil carbon, and sediment. *Scientific reports*, 11 (1), 12325.
- Oxmann, J. F., Schwendenmann, L., & Lara, R. J. (2009). Interactions among phosphorus, pH and Eh in reforested mangroves, Vietnam: a three-dimensional spatial analysis. *Biogeochemistry*, 96, 73-85.
- Pendleton, L., Donato, D. C., Murray, B. C., Crooks, S., Jenkins, W. A., Sifleet, S., Craft, C., ... Baldera, A. (2012). Estimating Global "Blue Carbon" Emissions from Conversion and Degradation of Vegetated Coastal Ecosystems. *PLoS ONE*, 7 (9), e43542.
- Rhoades, J. (1982). Cation Exchange Capacity. In: Page, A. L., Miller, R. H., & Keeney, D. R. (Eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy Monographs N° 9*. American Society of Agronomy. Madison, WI, EEUU. 149-157 pp.
- Sanders, C. J., Maher, D. T., Tait, D. R., Williams, D., Holloway, C., Sippo, J. Z., & Santos, I. R. (2016). Are global mangrove carbon stocks driven by rainfall? *Journal of Geophysical Research: Biogeoscience*, 121 (10), 2600–2609.
- Sasmito, S. D., Sillanpää, M., Hayes, M. A., Bachri, S., Saragi-Sasmito, M. F., Sidik, F., ... Murdiyarso, D. (2020). Mangrove blue carbon stocks and dynamics are controlled by hydrogeomorphic settings and land-use change. *Global Change Biology*, 26, 3028-3039.

Palabras clave: Nitrógeno, fósforo, potasio, manejo silvícola, conservación.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espírito Santo © – UEES



CHARACTERISTICS AND SPATIAL DISTRIBUTION OF SEDIMENTARY FACIES IN A MICROTIDAL SUBTROPICAL MANGROVE IN SE BRAZIL

Francisco Cordeiro Nascimento Neto

Roberto Lima Barcellos^{1,2}

Davi P. Carvalho

Christian Sanders

Marília Cunha-Lignon

Luís Américo Conti

Correspondencia · Corresponding Author

Francisco Cordeiro Nascimento Neto

INTRODUCTION

Surface sedimentary characterization is critical for understanding local deposition and, consequently, sedimentary dynamics (Tyson, 1995), which aids in environmental monitoring. Organic matter reflects autochthonous and allochthonous organic material inputs. The calcium carbonate (CaCO_3) content and grain size of the sediments indicate the marine influence and sedimentary dynamics, respectively. The Ilha do Cardoso State Park is a protected area located within Southeast Brazil's Atlantic Forest Reserve, a UNESCO Natural Heritage Site. This region is subtropical (Alvares et al., 2013), with a semidiurnal microtidal regime, and is connected to the Cananéia-Iguape Coastal System (Schaeffer-Novelli et al., 1990). The specific study site, Perequê River mangrove (25.068°S ; 47.916°W), is formed by a set of continuous or discontinuous mangrove forests drained by this river, located in the northern part of Cardoso Island (Cunha-Lignon et al., 2011a).

OBJECTIVES

This research aims the faciological characterization surface sediments of local mangroves, through the study of the spatial distribution of grain-size, TOM and CaCO_3 , to support local environmental monitoring.

METHODOLOGY

Six samples in mangrove a were taken perpendicular to the Perequê river channel between 20th to 22nd of September 2021 in two profiles, P1 (T1A, T2A, and T3A) and P2 (T4A, T5A, and T6A). Three additional samples were collected in unique sedimentary features: i) sandy mangrove (T7), ii) upper mangrove open vegetation (GAP), and iii) an intertidal bank (T8AB). Wet sieving was used to obtain grain sizes of >2 mm, >0.062 mm, and 0.062 mm (Suguio, 1973). The CaCO_3 and TOM concentrations were calculated using the weight difference between dry samples before and after acidification with HCl and H_2O_2 , both diluted to 10%. (Carver, 1971).

RESULTS AND DISCUSSION

The CaCO_3 values of the samples did not vary much (6.3 to 11.1%), with an average of $9.10\% \pm 2.56\%$, indicating deposition of largely terrigenous material (Figure 1). Thus, in 66.6% of the sampling grid, the local sediments indicated a prevalence of siliciclastic sand-muddy facies (Figure 2). Two samples show sandy-muds, which are related to the greatest TOM values in the area. Sandy sediments are only found at station T7A, which also has the lowest TOM (8.7%). TOM concentrations ranged from 8.7% to 28.8%, with an average of $14.5\% \pm 2.7\%$, which is considered high to very high for coastal environments (Romankevich, 2013), but common in mangrove sediments.

There is no evident fluctuation in TOM levels along transect P1, with greater contents in the central region (T2A = 17.3%), possibly because of the low dynamics of currents, which are associated with the high density and dominance of living trunks observed. TOM is lower, both in the mangrove area near the inner costal plain (T3A = 14.5%) and near to the estuarine channel (T1A = 11.8%). In P2 transect, TOM increases gradually from the site near the estuary channel where *Spartina sp.* dominated (T4A = 8.7%) to the upper mangrove forest (T5A = 9.6%; T6A = 18.2%). As a result, as shown by Rovai et al. (2021), the growth of mangrove forests linked with finer sediments (sandy-muds) seems to have a direct influence on MOT accumulation and retention in this area. Even though the area of sample T7A is characterized by sand, the percentage of TOM (8.79%) is equal to that of *Spartina* (T4A), but with lower levels of TOM than a similar development zone of *Laguncularia racemosa* from P2 (Cunha-Lignon et al., 2011b).

The highest mud content (71.5%) and MOT (28.8%) of the whole samples strations are probably deposited as a result of the confinement and low hydrodynamics experienced by the local intertidal bank (Sanders et al., 2010). The GAP had a content of 20.7% organic matter, which was higher than any site in P1, with more muddy sedimentary characteristics but similar and well-developed forest as P1.

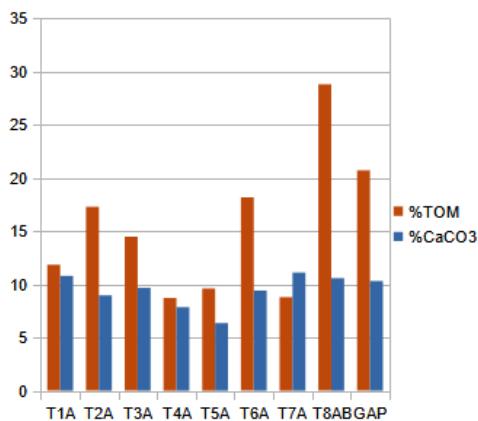


Figure 1 – Total organic matter (TOM) and calcium carbonate (CaCO_3) contents of samples



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidade Espírito Santo © – UEES



CHARACTERISTICS AND SPATIAL DISTRIBUTION OF SEDIMENTARY FACIES IN A MICROTIDAL SUBTROPICAL MANGROVE IN SE BRAZIL

Francisco Cordeiro Nascimento Neto

Roberto Lima Barcellos^{1,2}

Davi P. Carvalho

Christian Sanders

Marília Cunha-Lignon

Luís Américo Conti

Correspondencia · Corresponding Author

Francisco Cordeiro Nascimento Neto

INTRODUCTION

Surface sedimentary characterization is critical for understanding local deposition and, consequently, sedimentary dynamics (Tyson, 1995), which aids in environmental monitoring. Organic matter reflects autochthonous and allochthonous organic material inputs. The calcium carbonate (CaCO_3) content and grain size of the sediments indicate the marine influence and sedimentary dynamics, respectively. The Ilha do Cardoso State Park is a protected area located within Southeast Brazil's Atlantic Forest Reserve, a UNESCO Natural Heritage Site. This region is subtropical (Alvares et al., 2013), with a semidiurnal microtidal regime, and is connected to the Cananéia-Iguape Coastal System (Schaeffer-Novelli et al., 1990). The specific study site, Perequê River mangrove (25.068°S ; 47.916°W), is formed by a set of continuous or discontinuous mangrove forests drained by this river, located in the northern part of Cardoso Island (Cunha-Lignon et al., 2011a).

OBJECTIVES

This research aims the faciological characterization surface sediments of local mangroves, through the study of the spatial distribution of grain-size, TOM and CaCO_3 , to support local environmental monitoring.

METHODOLOGY

Six samples in mangrove were taken perpendicular to the Perequê river channel between 20th to 22nd of September 2021 in two profiles, P1 (T1A, T2A, and T3A) and P2 (T4A, T5A, and T6A). Three additional samples were collected in unique sedimentary features: i) sandy mangrove (T7), ii) upper mangrove open vegetation (GAP), and iii) an intertidal bank (T8AB). Wet sieving was used to obtain grain sizes of >2 mm, >0.062 mm, and 0.062 mm (Suguio, 1973). The CaCO_3 and TOM concentrations were calculated using the weight difference between dry samples before and after acidification with HCl and H_2O_2 , both diluted to 10% (Carver, 1971).

CHARACTERISTICS AND SPATIAL DISTRIBUTION OF SEDIMENTARY FACIES IN A MICROTIDAL SUBTROPICAL MANGROVE IN SE BRAZIL

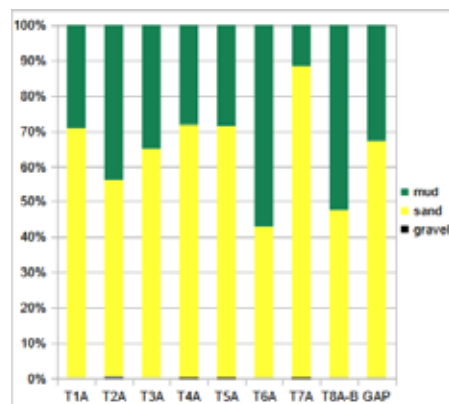


Figure 2 – Grain-size of samples.

CONCLUSION

It is concluded, therefore, that the substrate grain size, associated with forest development, directly determines the amount of surface TOM of the site. This spatial pattern is not followed in the distribution of CaCO_3 contents. This parameter showed low variability, indicating the predominance of siliciclastic sedimentation throughout the study area.

REFERENCES

- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.de M., Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Zeitschrift* 22, 711–728.
- Schaeffer-Novelli, Y., Mesquita, H.de S.L., Cintrón-Molero, G., 1990. The Cananéia Lagoon Estuarine System, São Paulo, Brazil. *Estuaries* 13, 193–203.
- Cunha-Lignon, M., Kampel, M., Menghini, R.P., Schaeffer-Novelli, Y., Cintrón, G., Dahdouh-Guebas, F., 2011a. Mangrove forests submitted to depositional processes and salinity variation investigated using satellite images and vegetation structure surveys. *J. Coast. Res.* SI64, 344–348.
- Cunha-Lignon, M.; Coelho-Jr, C.; Almeida, R.; Menghini, R.P.; Schaeffer-Novelli, Y.; Cintrón, G.; Dahdouh-Guebas, F. (2011b). Characterisation of mangrove forest types in view of conservation and management: a review of mangals at the Cananéia region, São Paulo State, Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 64, v. I, p. 349-353.
- Romankevich, E. A. (2013). *Geochemistry of organic matter in the ocean*. Springer Science & Business Media.
- Rovai, A. S., Coelho-Jr, C., de Almeida, R., Cunha-Lignon, M., Menghini, R. P., Twilley, R. R., & Schaeffer-Novelli, Y. (2021). Ecosystem-level carbon stocks and sequestration rates in mangroves in the Cananéia-Iguape lagoon estuarine system, southeastern Brazil. *Forest Ecology and Management*, 479, 118553.
- Sanders, C. J., Smoak, J. M., Naidu, A. S., Araripe, D. R., Sanders, L. M., & Patchineelam, S. R. (2010). Mangrove forest sedimentation and its reference to sea level rise, Cananea, Brazil. *Environmental Earth Sciences*, 60(6), 1291-1301.
- Suguio, K. (1973). *Introdução a sedimentologia*. Edgard Blucher.
- Carver R.E. (1971) *Procedures in Sedimentary Petrology*. Wiley-Interscience, New York.
- Tyson, R.V. (1995) *Sedimentary Organic Matter*. Chapman & Hall, London, 589 p.

FUNDING AND ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the FAPESP (Process 2019/22028-0, Brazil). We thank the infrastructure support of the Ilha do Cardoso State Park (FF, SIMA/SP) and the environmental guide Júlio Junior.

Keywords: Mangrove; sedimentary organic matter; carbon accumulation.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



DEVELOPMENT OF A DECISION-SUPPORT TOOL FOR PRIORITISING CLIMATE-SMART MANGROVE CONSERVATION AND RESTORATION ACTIVITIES

Jemma Purandare¹
Catherine Lovelock¹
Rebecca Snyder²
Ryan Bartlett²
Dominic Andradi-Brown²

¹ School of Biological Sciences, Faculty of Science, University of Queensland (speaker address and email: 5 Wattle Grove, Springbrook, QLD 4213, Australia.

² Ocean Conservation, World Wildlife Fund - US

Correspondencia · Corresponding Author

Jemma Purandare
School of Biological Sciences, Faculty of Science, University of Queensland
jemma.purandare@gmail.com

INTRODUCTION

Mangroves are on the front lines of climate change due to their geographic position along coastlines and their specific biological needs for survival. Current conservation and restoration efforts provide protection and recovery from non-climate pressures, yet rarely account for climate-related threats to mangroves in overall project design. A lack of consideration for site-specific vulnerabilities may undermine the long-term viability of mangrove conservation investments and the socio-economic benefits they provide to coastal communities. While the body of research on mangrove vulnerability to climate change is expanding rapidly, practical, user-friendly guidance for practitioners on how to manage such risks is limited.

A decision support tool is therefore being developed to provide WWF field teams in Madagascar, Mexico, Colombia, and Fiji with a step-by-step process for developing mangrove conservation and/or restoration programs that are “climate-smart.”

OBJECTIVES

The intent of the climate-smart support tool (herein ‘the tool’) is to provide a field user- friendly mechanism for selecting appropriate sites and management strategies for restoration and/or protection of existing mangroves using a vulnerability-based assessment to identify site-specific climate threats and opportunities. The tool is designed for use by WWF field teams, who possess extensive knowledge of local environmental, political, and socio-economic conditions. Potential applications outside of WWF and the four target countries also exist in abundance.

METHODOLOGY AND DISCUSSION

The tool was developed using a combination of a comprehensive literature review, development of flow chart, and supporting body of text that can be continuously updated and modified as appropriate to advancements in the fields of mangrove ecology and climate change.

The literature review involved reviewing available published and grey literature, including:

- Conservation and restoration guidelines specific to mangroves
- Climate-specific guidelines, both specific to mangroves and other coastal ecosystems
- Global mangrove climate-resilience research and guidelines, particularly those related to conservation and restoration practice
- Scientific literature related to mangrove conservation and restoration
- Scientific literature on climate impacts to mangroves, including specific sensitivities, threats, and distribution
- Existing decision support tools related to conservation and restoration of coastal ecosystems
- Existing decision support tools specifically related to mangrove restoration and climate resilience planning

The flow chart, developed in MS Word to enable simple updates and limited technological requirements, contains hyperlinks to sections of the document that provide explanatory instructions, methods, and considerations based on the outcomes of the literature review. The MS Word document is to be used in the field as a PDF document that can be used on any device as a small compact file.

The tool has been designed to utilise local knowledge, globally-relevant data, and locally collect data as available. It is not dependent on the availability of large volumes of quantitative data as it is broadly agreed that, in many cases, data is often not available. Utilising local knowledge enables local practitioners to use community knowledge, in addition to their own, to inform pressures and changes in local and specific conditions.

Once the first draft of the tool was completed, it was reviewed and updated based on feedback from field staff and key partners. Field testing in one of the target WWF field office countries was then initiated to trial the functionality of the tool, the usability for the field teams, and the applicability of the contents for the types of sites and locations where mangrove restoration and/or conservation is being targeted.

A final version of the tool will reflect key learnings from field testing and be distributed among other WWF field teams, relevant partners, and the broader mangrove conservation field

CONCLUSIONS

The development of a climate-smart decision tool for targeting the conservation and/or restoration of mangroves enables field-based practitioners with the means to identify priorities for projects and enable their success in the face of a rapidly changing climate. Utilising vulnerability as the basis for developing the tool enables the inputs and outcomes of the tool to be linked to risk, which enables the users to prioritize project activities based on the likelihood of success.

The tool has shown to provide a practical and useable mechanism for field teams to aid decision-making in relation to ensuring mangrove restoration and conservation projects adequately consider climate change and integrate resilience into projects.

Keywords: Climate-smart, resilient, restoration, conservation, field tool.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



ALMACENES DE CARBONO AZUL EN ECOSISTEMAS DE MANGLAR EN DOS LAGUNAS DEL NOROESTE ÁRIDO DE MÉXICO

Jony R. Torres¹

Tannia C. Frausto-Illescas²

Mónica Franco-Ortíz²

Francisco Martínez-Vázquez²

1 Tecnológico Nacional de México/I. T. del Valle del Yaqui. Academy of Biology (Laboratory of Ecology in Coastal Zones). Av. Tecnológico, Block 611, Bácum, Sonora. México

2 COSTASALVAJE, A.C.

Correspondencia · Corresponding Author

Jony R. Torres

Tecnológico Nacional de México/I. T. del Valle del Yaqui. Academy of Biology

jtortes.velazquez@itvy.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Los manglares, los pastos marinos y las marismas se conocen como ecosistemas de carbono azul debido a su capacidad de almacenamiento de carbono (C) (Pendleton et al., 2012). En estos ecosistemas, el CO₂ se toma de la atmósfera a través de la fotosíntesis; la mayor parte se almacena temporalmente en el follaje y el resto se secuestra durante períodos prolongados en la biomasa y el suelo (Ahalya, 2018). La estimación de las reservas de carbono de los manglares se ha convertido en una tendencia creciente en los últimos años, ya que los bosques de manglares desempeñan un papel central en la mitigación del cambio climático (Alongi, 2016).

OBJETIVOS

Estimar los almacenes de carbono azul (biomasa) en dos sitios con ecosistema de manglar: a) El Dátil y b) Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México.

METODOLOGÍA

Se realizaron las siguientes mediciones en las áreas de “San Ignacio” y “El Dátil”, representativos del ecosistema de manglar de Laguna San Ignacio: 1) atributos estructurales de acuerdo a Velázquez-Salazar et al., 2021 (CONABIO); 2) hojarasca en suelo con la metodología de intersección de planares (Barrios-Calderón, 2015); 3) biomasa subterránea de raíces de acuerdo a lo propuesto por Adame et al. (2017); 4) análisis físico-químico del agua en campo por medio de un multiparamétrico Hanna HI9828-, y 5) análisis de sedimento en laboratorio, en donde se evaluaron los parámetros de materia orgánica, densidad aparente, contenido de humedad, textura y pH.

RESULTADOS

Los resultados muestran información valiosa en relación al almacén de carbono aéreo y subterráneo del ecosistema de manglar en El Dátil y San Ignacio. Estructuralmente se registró manglar chaparro característico de zonas paridas del noroeste de México. La salinidad en agua superficial fue de 39.4 ± 0.9 y 38.6 ± 1.1 UPS en estrato intersticial. El sedimento presentó altos contenidos de arena ($86.8 \pm 0.9\%$ en promedio) con bajos contenidos de materia orgánica (1.93% en promedio) excepto el sitio 6 con altos valores de materia orgánica por su condición de microtopografía tipo cuenca y alta capacidad de retención de hojarasca. El promedio de carbono azul en relación a la biomasa (Stock) del manglar fue de 59.3 ± 12.9 Mg/C/ha⁻¹, con máximos de 87.3 ± 14.5 Mg/C/ha⁻¹, donde los mayores contenidos fueron del componente de raíces con 28.7 ± 6.5 Mg/C/ha⁻¹. La biomasa aérea (hojarasca y árboles) registró un valor promedio de 22.5 ± 4.9 Mg/C/ha⁻¹, mientras que la subterránea (raíces y necromasa) presentaron valores de 36.7 ± 15.3 Mg/C/ha⁻¹.

CONCLUSIONES

Laguna San Ignacio, es estructuralmente un ecosistema de manglar chaparro, característicos de regiones áridas del noroeste de México. Este sitio presentó altos niveles de biomasa subterránea, lo que responde a factores ambientales de bajos contenidos de materia orgánica y alta salinidad, en consecuencia, estos bosques también tienen altos almacenes de Corg en el subsuelo. Se recomienda realizar actividades de conservación y restauración (Reforestación) de zonas aptas para el establecimiento de manglar y así aumentar la resiliencia al cambio climático de las comunidades costeras alrededor de la Laguna San Ignacio.

REFERENCIAS

- Adame, M.F., Cherian, S., Reef, R., Stewart-Koster, B., 2017. Mangrove root biomass and the uncertainty of belowground carbon estimations. *For. Ecol. Manag.* 403, 52–60.
- Alongi DM, Murdiyarso D, Fourqurean JW, Kauffman JB, Hutahaean A, Crooks S, Wagey T (2016) Indonesia's blue carbon: a globally significant and vulnerable sink for seagrass and mangrove carbon. *Wetlands Ecology and Management* 24(1):3–13.
- Barrios-Calderón, R. J. 2015. Combustibles forestales y su relación con incendios en humedales de la Reserva de la Biósfera La Encrucijada, Chiapas. Tesis de Maestría en Recursos Naturales y Desarrollo Rural. EL colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, Mex. 203 pp.
- Pendleton, L., Donato D. C., Murray, B. C., Crooks, S., Jenkins, W. A., Sifleet, S., *et al.* (2012). Estimating Global “Blue Carbon” Emissions from Conversion and Degradation of Vegetated Coastal Ecosystems. *PLoS ONE* 7(9): e43542
- Ahalya A, Jin SP, (2018) Blue Carbon Stock of Mangrove Ecosystems. *International Journal of Science and Research* 8(12):1371-1375.
- Velázquez-Salazar, S., Rodríguez-Zúñiga, M. T., Alcántara-Maya, J. A., Villeda-Chávez, E., Valderrama-Landeros, L., Troche-Souza, C., Vázquez-Balderas, B., Pérez-Espinosa, I., Cruz-López, M. I., Ressler, R., De la Borbolla, D. V. G., Paz, O., Aguilar-Sierra, V., Hruby, F. & Muñoz-Coutiño, J. H. (2021). Mangroves of Mexico. Data update and analysis 2020. Comisión Nacional para el Uso y Conservación de la Biodiversidad. México CDMX. Pp. 168.

Palabras clave: Biomasa, Carbono orgánico, manglar chaparro, raíces de manglar, almacenes de carbono.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



MANGROVE BLUE CARBON ESTIMATES IN RELATION TO BIOMASS IN THE YAQUI COAST, NORTHWEST MEXICO

Jony R. Torres¹

Zulia M. Sanchez-Mejia²

Alejandro Alcudia-Aguilar³

Ojilve R. Medrano-Pérez⁴

Ramón H. Barraza-Guardado⁵

Reyna Suzuki-Pinto¹

1. Tecnológico Nacional de México/I. T. del Valle del Yaqui. Academy of Biology (Laboratory of Ecology in Coastal Zones). Av. Tecnológico, Block 611, Bâcum, Sonora. México

2. COSTASALVAJE, A.C.

3. Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), 5 de febrero 818 sur, Col. Centro 85000. Cd. Obregón, Sonora. Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente.

4. Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad, A.C. Centro, 86080, Villahermosa, Tabasco, México.

5. CONACYT Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad, A.C. Centro, 86080, Villahermosa,

6. Tabasco, México.

7. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora.

Correspondencia · Corresponding Author

Jony R. Torres

Tecnológico Nacional de México/I. T. del Valle del Yaqui. Academy of Biology

jtortes.velazquez@itvy.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero y sus impactos asociados sobre el calentamiento global (IPCC 2014) han impulsado la urgente necesidad de identificar y proteger los ecosistemas con alta capacidad de almacenamiento de carbono (Canadell y Raupach 2008). Las reservas de carbono en los manglares están en función de la biomasa, que depende de la edad y la eficiencia del crecimiento (Banerjee et al. 2019). La mayoría de los estudios que abordan la biomasa/carbono en los bosques de manglares se han centrado en la biomasa aérea y solo unos pocos analizan la biomasa subterránea (Virgulino-Junior 2020; Njana et al. 2015). Además, la investigación de campo se ha centrado principalmente en regiones húmedas de latitudes templadas y tropicales (Adame et al. 2013), con un número relativamente reducido de estudios sobre bosques arbustivos o manglares enanos en regiones áridas (Ezcurra et al. 2016).

OBJETIVOS

Determinar el stock de carbono en relación a la biomasa aérea y subterránea en bosques de manglar y su asociación con factores ambientales en tres lagunas semiáridas ubicadas en el Golfo de California (Litoral Yaqui), México.

METODOLOGÍA

Se utilizaron diferentes métodos para determinar la biomasa del manglar en tres lagunas costeras del litoral Yaqui, incluyendo trampas de hojarasca, medición de atributos estructurales, núcleos de producción de raíces, raíces subterráneas y biomasa de neumatóforos; además, se midieron parámetros fisicoquímicos en sedimento y agua superficial e intersticial.

RESULTADOS

La reserva media de carbono en la biomasa del manglar fue de 54,1 MgCorg·ha⁻¹, con un máximo de 102,1±14,2 MgCorg·ha⁻¹ en el sitio de Lobos. En zonas áridas, los manglares se caracterizan por tener mayores cantidades de biomasa subterránea asociada con factores ambientales como el pH, el potencial redox y la temperatura, lo que lleva a un alto contenido de C_{org} en el subsuelo.

CONCLUSIONES

Las tasas de producción de raíces son altas, lo que mejora la eficiencia del almacenamiento subterráneo de C_{org} en relación con el ciclo de vida de las raíces (turnover). La presencia de *Conocarpus erectus* (L), un nuevo registro del límite de distribución de la especie en el Pacífico Norte (Lobos), alcanzó los valores más altos de desarrollo estructural, productividad primaria basada en hojarasca y producción de raíces subterráneas y biomasa. Por lo tanto, esta especie es recomendada para restauración (reforestación), dada su alta productividad primaria que estabiliza la línea de costa e incrementa la dinámica de almacenamiento de nutrientes y carbono.

REFERENCIAS

- IPCC 2014 (2013) Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/Wetlands_Supplement_Entire_Report.pdf Accessed on 03 June 2022.
- Canadell JG, Raupach MR (2008) Managing forests for climate change mitigation. *Science*. 320:1456–1457. doi:10.1126/science.1155458
- Banerjee K, Sahoo ChK, Bal G, Mallik K, Paul R, Mitra A (2019) High blue carbon stock in mangrove forests of Eastern India. *Tropical Ecology*. 61(1):150-167. DOI:[10.1007/s42965-020-00072-y](https://doi.org/10.1007/s42965-020-00072-y)
- Virgulino-Junior PC, Carneiro DN, Nascimento WR Jr, Cougo MF, Fernandes MEB (2020) Biomass and carbon estimation for scrub mangrove forests and examination of their allometric associated uncertainties. *PLoS ONE* 15(3):e0230008. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230008>
- Njana MA, Eid T, Zahabu E, Malimbwi R (2015) Procedures for quantification of belowground biomass of three mangrove tree species. *Wetland Ecology and Management*. 23(4):749-764. <https://doi.org/10.1007/s11273-015-9417-3>
- Adame MF, Kauffman JB, Medina I, Gamboa JN, Torres O, Caamal J, Herrera-Silveira J (2013) Carbon stocks of tropical coastal wetlands within the karstic landscape of the Mexican Caribbean. *PLoS ONE* 8:e56569. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056569>
- Ezcurra P, Ezcurra E, Garcillán PP, Costa MT, Aburto-Oropeza O (2016) Coastal landforms and accumulation of mangrove peat increase carbon sequestration and storage. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113(16):4404-4409. <https://doi.org/10.1073/pnas.1519774113>

Palabras clave: Biomasa, Carbono orgánico, manglar chaparro, raíces de manglar, almacenes de carbono.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



POTENCIAL DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN MANGLARES EN DIFERENTES ESTADIOS DE RESTAURACIÓN EN EL GOLFO DE NICOYA, COSTA RICA

Jorge Pineda Gómez
Miguel Cifuentes-Jara^{2,3}
Danilo Torres-Gómez²
Jose Quiros Orlich³
Francisco Pizarro³

²Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

³Conservación Internacional Costa Rica

Correspondencia · Corresponding Author

Jorge Pineda Gómez

INTRODUCCIÓN

El Golfo de Nicoya es un importante reservorio de manglares de la costa pacífica del país, representando 19.957 ha (53% del área total de manglares del país (SINAC 2019). El carbono a nivel de ecosistema (hasta 3 metros de profundidad) en estos manglares varía entre 413 y 1335 MgC/ha, que representa entre 12 y 23 veces más carbono a nivel de ecosistema que en las camaroneras y salineras adyacentes (Cifuentes *et al.* 2014).

La recuperación de áreas degradadas (camaroneras y salineras) juega un papel importante ante el cambio climático, particularmente en la provisión del servicio ecosistémicos de captura y secuestro de carbono (Cifuentes *et al.* 2014).

En este estudio se estimó el carbono en las coberturas de manglares del Golfo de Nicoya, para establecer una línea base que contribuya en la gestión, manejo y priorización de intervenciones de áreas degradadas, creando una perspectiva general de la capacidad de almacenamiento del carbono de los manglares en el noroeste de Costa Rica.

OBJETIVOS

Objetivo General

Estimar el potencial de almacenamiento de carbono en manglares restaurados en el Golfo de Nicoya, Costa Rica.

Objetivos Específicos

- Evaluar la condición ecológica de sitios en diferentes etapas de restauración, caracterizando su estructura y composición florística
- Estimar el carbono almacenado en el manglar de referencia y en los sitios seleccionados para el proceso de rehabilitación/restauración y caracterizar su relación con variables ecológicas

METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló en los manglares del Humedal Estero Puntarenas y Manglares Asociados (HEPyMA) y en el Humedal Nispero, San Buenaventura y Colorado (HNSC), ubicados en la margen este del Golfo de Nicoya, Costa Rica. En la zona se identificaron 531,6 hectáreas en procesos de rehabilitación y restauración. Se establecieron 97 unidades de muestreo: en manglar de referencia (n= 37), estanques de acuicultura (n= 23) y terrenos agropecuarios (n= 37). Se determinó la estructura, composición y se cuantificó el carbono almacenado en árboles, regeneración, madera caída, raíces y sedimento (Kauffman *et al.* 2013 y Cifuentes *et al.* 2018).

RESULTADOS

Se identificaron 15 sitios potenciales para la restauración y rehabilitación, dominados por cultivos agrícolas y acuicultura. Las modificaciones topográficas en estos sitios restringían el flujo de las mareas, lo cual, se reflejó en altas densidades aparentes del suelo, condiciones óxicas y bajo contenido de carbono en el suelo.

Por otra parte, los manglares de referencia del HEPyMA almacenaron 342,54 MgC/ha y 535,46 ± 42,42 MgC/ha a 1 y 2 m de profundidad. Por su parte, el HNSC almacenó 304 ± 14,35 MgC/ha y 499,37 ± 26,83 MgC/ha respectivamente. En ambos humedales, el carbono del sedimento representó entre el 57% y 83% de las existencias.

En el HNSC se identificaron antiguos estanques de acuicultura donde la rehabilitación hidrológica y el ingreso de las mareas ha permitido el ingreso de materia orgánica y la colonización natural de propágulos de diferentes especies como *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*. El carbono en estas áreas representó el 51% de las existencias del manglar de referencia del HNSC. Lo opuesto sucedió en estanques con limitado ingreso de mareas, donde la alta salinidad y densidad aparente del suelo restringió la regeneración y el almacenamiento del carbono.

Las áreas potenciales de rehabilitación del HEPyMA comprendían cultivos agrícolas de caña. La alta densidad de suelo (1,17±0,07 g/cm³) y nitrógeno (10,2±1,4 Mg/ha) evidenciaban las actividades antrópicas que se desarrollaban en el sitio. Estas áreas almacenaron el 25 % del carbono (86.35 ± 35.87 MgC/ha) existente en las áreas de manglar hasta 1 metro de profundidad.

DISCUSIÓN

Los patrones espaciales y temporales de la composición, distribución y estructura de los manglares de este estudio, presentan una variabilidad determinada por la interacción de condiciones hidrológicas, edáficas, climáticas, morfológicas y fisiográficas propias del Golfo de Nicoya (Cifuentes *et al.* 2014). Cuando se alteran los flujos hidrológicos naturales (Pérez *et al.* 2017), se generan condiciones estresantes que limitan la supervivencia y desarrollo del manglar (Teutli *et al.* 2019).

Ante esto, la comprensión de los atributos biofísicos del ecosistema permite comprender mejor los procesos de la restauración (Teutli *et al.* 2019). La rehabilitación hidrológica ha permitido recuperar las condiciones del suelo facilitando la regeneración natural y el desarrollo de las especies (Echeverría *et al.* 2019). Asimismo, existe una recuperación de los almacenes de carbono en las áreas de restauración que principalmente se da en el suelo (Cifuentes *et al.* 2014), producto del ingreso de sedimentos y materia orgánica por el hidropériodo (Merecí *et al.* 2021).

CONCLUSIONES

Las actividades antrópicas influyen en la estructura y composición de los manglares. La rehabilitación hidrológica mejora las condiciones ambientales, favoreciendo el establecimiento y desarrollo de vegetación.

En el HEPyMA, la conversión de manglares a cultivos agrícolas como la caña, representó la pérdida del 75% del carbono almacenado hasta 1 m de profundidad, mientras que el restablecimiento del hidropériodo en antiguos estanques de acuicultura del HNSC, contribuyó en la recuperación del 17% al 65% del carbono. Por lo tanto, la priorización de intervenciones en áreas degradadas, representa un potencial para el almacenamiento del carbono contribuyendo en la mitigación y adaptación al cambio climático.

REFERENCIAS

Las actividades antrópicas influyen en la estructura y composición de los manglares. La rehabilitación hidrológica mejora las condiciones ambientales, favoreciendo el establecimiento y desarrollo de vegetación.

En el HEPyMA, la conversión de manglares a cultivos agrícolas como la caña, representó la pérdida del 75% del carbono almacenado hasta 1 m de profundidad, mientras que el restablecimiento del hidropériodo en antiguos estanques de acuicultura del HNSC, contribuyó en la recuperación del 17% al 65% del carbono. Por lo tanto, la priorización de intervenciones en áreas degradadas, representa un potencial para el almacenamiento del carbono contribuyendo en la mitigación y adaptación al cambio climático.

LITERATURA CITADA

- Cifuentes, M.; Brenes, C.; Manrow, M.; Torres, D. 2014. Dinámica de uso de la tierra y potencial de mitigación de los manglares del Golfo de Nicoya. San José, Costa Rica: Conservación Internacional, CATIE. 44 p.
- Echeverría, SA; Perez, RC; Zaldívar, AJ; Canales, JD; Brito, RP; Merino, MI; Vovides, A. 2019. Regeneración natural de sitios de manglar degradado en respuesta a la restauración hidrológica. *Madera y Bosques* 25 (1) e2511754
- Merecí, J.G; Casanoves, F; Delgado, D; Ochoa, P; Cifuentes, M.J. 2021. Impacto f shrimp ponds on mangrove blue carbon stocks in Ecuador. *Forests* 12: 816
- Pérez, RC; Echeverría, SA; Zaldívar, AJ; Zaldívar, TJ; Herrera, JS. 2017. Contribution of microtopography and hydroperiod to the natural regeneration of *Avicennia germinans* in a restored mangrove forest. *Ciencias Marinas* 43(1): 55–67.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Costa Rica). 2019. Estrategia regional para el manejo y conservación de los Manglares en el Golfo de Nicoya -Costa Rica- 2019-2030 (en línea). San José, Costa Rica. Programa Nacional de Humedales, SINAC. 46 p
- Teutli, C.H; Herrera, J.S; Comín, F.A; Menéndez, M.L. 2019. Nurse Species could facilitate the recruitment of mangrove seedlings after hydrological rehabilitation. *Ecological Engineering* 130:263-270.

Palabras clave: Carbono azul, Manglares, Golfo de Nicoya, Restauración ecológica.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



FLUJOS ECOHIDROLÓGICOS VERTICALES EN UN MANGLAR DEL NOROESTE DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN MEDIANTE LA TÉCNICA DE COVARIANZA DE VÓRTICES

Jorge Uuh Sonda¹

Zulia Sánchez-Mejía¹

Bernardo Figueroa-Espinoza²

¹Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, Calle 5 de Febrero 818 sur, Colonia Centro. C.P. 85000. Ciudad Obregón, Sonora, México.

²Instituto de Ingeniería, Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Universidad Nacional Autónoma de México.

Correspondencia · Corresponding Author

Jorge Uuh Sonda

Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora

jorge.uuh.sonda@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La Península de Yucatán posee más de la mitad de los manglares del país (CONABIO, 2020). Gran parte de ellos, se encuentran en zonas Ejidales donde sufren cambios en su uso de suelo (Ellis et al., 2017; Torres-Mazuera et al., 2021.). Estos ecosistemas poseen gran biodiversidad, ofrecen múltiples servicios ecosistémicos, constituyen importantes reservas naturales de CO₂ y son reguladores de los flujos de energía hacia la atmósfera, incidiendo directamente sobre el clima y el calentamiento global (Donato et al., 2011; Alongi, 2012). En los últimos años, gracias a la implementación cada vez más frecuente, de sistemas de Covarianza de Vórtices, se está teniendo más información sobre las dinámicas temporales de sus flujos ecohidrológicos verticales y sus controles e iteraciones con las variables atmosféricas (Alvarado-Barrientos et al., 2021), lo cual es necesario para tener un conocimiento base de ellos y poder evaluar su productividad y resiliencia frente a diversas amenazas.

OBJETIVOS

Evaluar los intercambios verticales de los flujos de agua, carbono y energía entre un manglar del noroeste de la Península de Yucatán y la atmósfera, mediante la técnica de Covarianza de Vórtices, teniendo particular interés en las interacciones, estacionalidad y controles de las variables atmosféricas sobre su capacidad de asimilar carbono.

METODOLOGÍA

El sitio de estudio está localizado al noroeste de la Península de Yucatán a 6 km de la comunidad costera de Sisal (21.125°N, 90.006°O), en una zona de transición entre selva baja y manglar. La zona es un manglar chaparro de cuenca, al interior del Ejido Sisal, con presencia de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*,

ESTIMACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO DE LOS BIENES Y SERVICIOS QUE PROVEE EL ECOSISTEMA DE MANGLAR DEL PARQUE NACIONAL CAGUANES

Laguncularia racemosa y *Conocarpus erectus*, siendo este último el dominante. En dicha zona, con apoyo de la comunidad Ejidal, se ha establecido un sitio de monitoreo ecohidrológico (Figura 1 a) similar al descrito en Granados-Martínez et al. (2021). En este sitio se ha establecido un sistema de Covarianza de Vórtices (Baldocchi, 2003) que consta de un anemómetro sónico 3D y analizador infrarrojo de CO₂ y H₂O, e instrumentos biometeorológicos que miden de forma continua: temperatura y humedad del aire (TA, RH), temperatura de agua (TW), nivel de inundación (WL), precipitación (P), entre otras. Los datos obtenidos son procesados, filtrados, corregidos y analizados (Foken et al., 2012), usando el software EddyPro® y rutinas creadas en MATLAB®.

RESULTADOS

Se ha obtenido la primera serie temporal continua (cada media hora) de los flujos de agua (Evapotranspiración, ET), carbono (Net Ecosystem Exchange, NEE) y energía (calor sensible, H), así como de las distintas variables biometeorológicas (Figura 1 b), del 21 de marzo al 23 de junio de 2022.

DISCUSIÓN

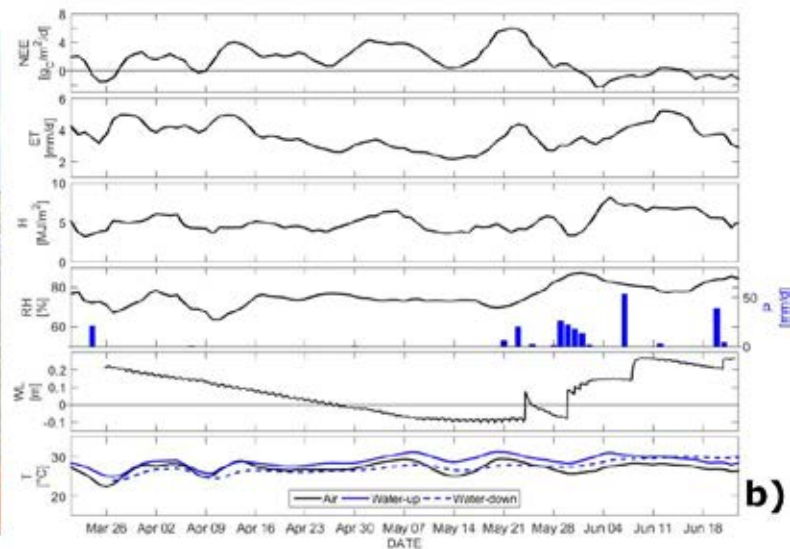


Figura 1. a) Sitio de Monitoreo. b) Flujos (NEE, ET, H) y principales variables ambientales (RH, P, WL y T).

Durante este primer periodo hemos podido captar el fin de la temporada seca y el inicio de la temporada de lluvias (21 de mayo), la cual es característica de la zona (Uuh-Sonda et al. 2022). El cambio en el nivel de inundación de este sistema (WL), muestra estar mayormente modulado por la lluvia (P), lo que provoca una constante disminución durante toda la temporada de secas, llegando a niveles por debajo del sedimento al momento de las primeras lluvias. La ET también muestra una disminución durante esta temporada. La temperatura ambiental muestra valores típicos de alrededor de 27 °C, y se observa que la temperatura del agua (tanto en la superficie como en el fondo de la zona inundada) es mayor, respecto a la del aire. Conforme aumenta el nivel de inundación. También es posible observar que la ET, H y la NEE muestran una dinámica similar, durante la temporada de secas (donde el sistema funciona como fuente de carbono), y con la llegada de las lluvias la ET y la H muestran sus valores más altos, mientras que la NEE se vuelve más negativa (mayor asimilación de carbono). Esto sugiere que el nivel de inundación ejerce un importante control en los flujos ecohidrológicos, similar a lo observado en otros manglares (Alvarado-Barrientos et al., 2021; Granados-Martínez et al. 2021). Sin embargo, en este primer periodo, la temperatura muestra no ejercer un control importante. Durante estos primeros 4 meses, el ecosistema funciona de manera neta como una fuente de carbono. Teniendo en los meses de la temporada de secas (21 de marzo al 31 de mayo) una liberación de 161.18 gC/m², mientras que con la llegada de las lluvias (1 al 23 de junio) el ecosistema cambia a un sumidero de carbono con una asimilación de 21.25 gC/m².

CONCLUSIONES

ESTIMACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO DE LOS BIENES Y SERVICIOS QUE PROVEE EL ECOSISTEMA DE MANGLAR DEL PARQUE NACIONAL CAGUANES

Los flujos verticales de carbono y agua muestran estar acoplados y controlados por la entrada de agua vía precipitación y por ende al nivel de inundación haciendo que este se comporte como fuente de carbono en la época de secas y como sumidero con la llegada de las lluvias, similar a lo observado en otros manglares del país. La inundación de la zona promueve el aumento del calor latente observado como ET.

REFERENCIAS

- Alvarado-Barrientos, M. S., López-Adame, H., Lazcano-Hernández, et al. (2021). Ecosystem-atmosphere exchange of CO₂, water, and energy in a basin mangrove of the northeastern coast of the Yucatan Peninsula. *JGR Biogeosc.*, 126, e2020JG005811.
- Alongi, D. M., (2012). Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Management*, 3:3, 313-322.
- Baldocchi, D. (2003). Assessing the eddy covariance technique for evaluating carbon dioxide exchange rates of ecosystems: Past, present, and future. *Global Change Biology*, 9, 479–492.
- CONABIO, (2020). Extensión y distribución de manglares. Estadísticas Estatales (Consultado: 15/Julio/2022).<https://www.biodiversidad.gob.mx/monitoreo/smmm/extensionDist>
- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., et al. (2011). Mangroves among the most carbon rich forests in the tropics. *Nature geoscience*, 4 (5), 293-297.
- Ellis, E.A., Hernández-Gómez, I.U. & Romero-Montero, J.A. (2017). Los procesos y causas del cambio en la cobertura forestal de la Península de Yucatán. *Ecosistemas* 26(1): 101-111.
- Foken, T., Leuning, R., Oncley, S. R., et al. (2012). Corrections and data quality control. In M. Aubinet, T. Vesala, & D. Papale (Eds.), *Eddy covariance: A practical Guide to measurement and data analysis*. Springer Atmospheric Sciences.
- Granados-Martínez, K. P., Yépez, E. A., Sánchez-Mejía, Z. M., et al. (2021). Environmental Controls on the Temporal Evolution of Energy and CO₂ Fluxes on an Arid Mangrove of Northwestern Mexico. *JGR Biogeosc.*, 126. e2020JG005932.
- Uuh-Sonda, J. M., Figueroa-Espinoza, B., Gutiérrez-Jurado, H., et al. (2022) Ecosystem productivity and evapotranspiration dynamics of a seasonally dry tropical forest of the northwestern Yucatan Peninsula. *JGR Biogeosc.*, 127, e2019JG005629.

AGRADECIMIENTOS

CONACYT-Posdoctorado 490291; CONACYT-SEMARNAT 278608, PINCC-UNAM 2020, Dr. Jorge Herrera Silveira, Ejido Sisal, M.I. Juan Gómez Liera, M.C. Juan Caamal Sosa.

Palabras clave: Península de Yucatán, Manglar, Covarianza de Vórtices, Flujos Verticales.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



FLUJOS DE CH₄ Y CO₂ EN ÁRBOLES DE MANGLAR

Julio Alberto Salas-Rabaza¹

Frédéric Thalasso²

Gisela Mayora³

Pablo Cesar Morales-Rico²

Roberth Us-Santamaría¹

Sara Gabriela Cerón-Aguilera¹

Laura Yáñez-Espinosa⁴

Eduardo Cejudo-Espinosa⁵

José Luis Andrade¹

¹Unidad de Recursos Naturales. Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. (CICY). Calle 43 No. 130 x 32 y 34, Chuburná de Hidalgo 97205, Mérida, Yucatán, México.

²Departamento de Biotecnología y Bioingeniería. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV) Unidad Zacatenco.

³Instituto Nacional de Limnología. Universidad Nacional del Litoral (INALI, UNL-CONICET).

⁴Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP).

⁵Unidad de Ciencias del Agua. Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. (CICY).

Correspondencia · Corresponding Author

Julio Alberto Salas-Rabaza

Unidad de Recursos Naturales. Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C

jsalasrab@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los manglares son grandes almacenes de carbono. Sin embargo, parte de este carbono es emitido a la atmósfera en forma de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), como producto de procesos que tienen lugar en las plantas y el suelo. No obstante, la contribución de los árboles de manglar al flujo de estos gases de efecto invernadero (GEI) aún permanece inexplorada en el continente americano, a pesar de que estos GEI contribuyen al 80% del calentamiento global del planeta (Myhre *et al.*, 2013). Además, la investigación de estos gases se ha centrado en las emisiones provenientes de suelos, las cuales pueden subestimar los flujos de CH₄ y CO₂ al no considerar el rol de las raíces aéreas y los tallos, que funcionan como esnórqueles para el movimiento de oxígeno y otros gases en medios inundados. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue estimar la variación espaciotemporal de los flujos de CH₄ y CO₂ mediados por árboles en diferentes tipos ecológicos de manglar, a fin de elucidar la contribución de las especies de manglares al balance global de carbono y, por consiguiente, su papel en la mitigación y adaptación al cambio climático.

METODOLOGÍA

Se cuantificaron los flujos de CH₄ y CO₂ de tallos y zancos de árboles de *Rhizophora mangle* en tipos de manglar chaparro y petén, así como los flujos provenientes de tallos de *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* en un manglar de tipo cuenca durante dos temporadas del año (sequía y lluvias) en la Reserva de la Biosfera Ría Celestún en Yucatán, México. Las concentraciones de los GEI fueron obtenidas *in situ* mediante el método de espectroscopía láser de cavidad integrada (OA-ICOS) con ayuda de un analizador ultra portable de gases de efecto invernadero (UGGA, Los Gatos Research) conectado a cámaras semirrigidas (Siegenthaler *et al.*, 2016). Adicionalmente, se realizaron correcciones de los flujos considerando el método de fugas (Salas-Rabaza *et al.*, en preparación).

RESULTADOS

Las magnitudes de los flujos de CH₄ y CO₂ fueron dependientes de la especie, el tipo de tejido y la temporada. Mayores flujos de CH₄ fueron obtenidos en lluvias para los tallos y zancos en todas las especies de manglar. Mientras que los flujos de CO₂ en tallos y zancos fueron mayores en las temporadas de lluvias y sequía, respectivamente. *R. mangle* en el ecotipo chaparro presentó los mayores flujos de CH₄ y los menores flujos de CO₂ en tallos y zancos durante ambas temporadas de medición, pero presentó las salinidades más altas. A su vez, *A. germinans* y *L. racemosa* presentaron los mayores flujos de CO₂ en tallos para las temporadas de sequía y lluvias, respectivamente. Tanto los flujos de metano como de dióxido de carbono fueron mayores en zancos de tercer orden en comparación con tallos y zancos de primer orden de *R. mangle* ecotipo chaparro y de petén. Asimismo, hubo una correlación negativa entre los flujos de CH₄ y el diámetro de los tallos-zancos y la salinidad, misma que fue dependiente del tipo de manglar.

DISCUSIÓN

A pesar de su gran servicio como almacén de carbono, los manglares poseen un gran potencial como emisores de CH₄ y CO₂. Además, recientemente, los árboles también han sido reconocidos como un componente más en el balance global de carbono (IPCC, 2021; Barba *et al.*, 2019). Hasta la fecha, sólo tres trabajos han cuantificado las emisiones de CH₄ en árboles de manglar en China (He *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2022) y Australia (Jeffrey *et al.*, 2019). Por tanto, el principal aporte de este trabajo recae en la evidencia de que los árboles de *R. mangle* y *A. germinans* son una fuente más de CH₄. Sin embargo, el origen de estas moléculas aún permanece desconocido. Aún más, falta entender cómo las características bióticas y abióticas modifican las magnitudes de estas emisiones. Además, éstos variaron conforme al diámetro de tallos, como ha sido reportado para diferentes tipos de árboles en humedales y bosques terrestres (Covey y Megonigal, 2019). Adicionalmente, no sólo los tallos pueden ser una fuente de CH₄ sino también los zancos de *R. mangle*, los cuales son raíces especializadas en el transporte de gases a través de tejidos como el aerénquima y las lenticelas (Yáñez-Espinosa y Ángeles, 2022). Sin embargo, la contribución de los neumatóforos y zancos al balance de CH₄ y CO₂ en manglares aún no han sido investigadas en América.

CONCLUSIONES

R. mangle ecotipo chaparro es la especie con un mayor flujo de CH₄ a la atmósfera. El ecotipo de manglar de cuenca contribuye a mayores flujos de CO₂ a través de los tallos de *A. germinans* y *L. racemosa*. La temporada de lluvias puede limitar el flujo de CO₂, pero favorece las emisiones de CH₄ mediados por raíces aéreas y tallos en manglares. Los flujos de CH₄ y CO₂ son mayores en los tejidos cercanos al suelo como los zancos de tercer orden, los cuales poseen un mayor tejido de aerénquima.

REFERENCIAS

- Barba, J., Bradford, M., Brewer, P., Bruhn D., Covey, K., van Haren, J., Megonigal, J., Mikkelsen, T., Pangala, S., y Pihlatie, M. (2019). Methane emissions from tree stems: a new frontier in the global carbon cycle. *New Phytologist* 222: 18–28.
- Covey, K. R, y J.P. Megonigal (2019). Methane production and emissions in trees and forests. *New Phytologist* 222: 35–51.
- He, Y., Guan, W., Xue, D. et al., (2019). Comparison of methane emissions among invasive and native mangrove species in Dongzhaigang, Hainan Island. *Science of the Total Environment* 697: 133945.
- IPCC (2021). *Climate Change 2021: The physical science basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai,

A.Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.]. Cambridge University Press.

Jeffrey, L., Reithmaier, G., Sippo, J., Johnston, S., Tait, D., Harada, Y. y Maher, D. (2019). Are methane emissions from mangrove stems a cryptic carbon loss pathway? Insights from a catastrophic forest mortality. *New Phytologist*. doi:10.1111/nph.15995.

Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F., Collins, W., Fuglestedt, J., Huang, J. et al., (2013). Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Siegenthaler, A., Welch, B., Pangala, S., Peacock, M. y Gauci, V. (2016). Technical Note: Semi-rigid chambers for methane gas flux measurements on tree stems. *Biogeosciences*, 13, 1197–1207.

Yáñez-Espinosa, L., Angeles, G. (2022). Does mangrove stem bark have an internal pathway for gas flow?. *Trees* 36, 361–377.

Palabras clave: Flujos de metano, flujos de dióxido de carbono, manglares, zancos, tallos.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



STORM DAMAGE IN MANGROVE FOREST AT SOUTHEASTERN BRAZILIAN UNESCO AND RAMSAR SITES

Marília Cunha-Lignon¹
Nádia Gilma Beserra de Lima²
Alécio Perini Martins³
Gustavo Armani²
Emerson Galvani⁴

1Universidade Estadual Paulista (Brazil), 2Instituto de Pesquisas Ambientais (Brazil), 3Universidade Federal de Jataí (Brazil), 4Universidade de São Paulo (Brazil)

Correspondencia · Corresponding Author

Marília Cunha-Lignon
Universidade Estadual Paulista
cunha.lignon@unesp.br

INTRODUCTION

Climate oscillations are becoming more extreme and mangroves ecosystems can be more susceptible to changes in physical conditions that can sometimes lead to mass diebacks. Mangroves are highly sensitive to all these factors and are likely to be influenced by altered climate cycles and associated increasing climatic variability (Friess et.al., 2019). According to Sippo et al. (2018), approximately 70% of reported mangrove losses from natural causes occurred as a result of low-frequency, high-intensity weather events such as tropical cyclones and weather extremes.

OBJECTIVES

The research evaluates the storm damage in a mangrove forest in Southeastern Brazilian UNESCO and Ramsar sites, using different space and time scales.

METHODS

The Cananéia-Iguape Coastal System (CICS) is a complex of lagoon channels (Figure 1), and is part of the UNESCO's World Site Heritage 'Atlantic Forest South-East Reserves' and a Ramsar site.

A microclimatic tower, installed in the northern sector of the CICS, had two meteorological stations (2m and 12m high), with sensors for air temperature, relative air humidity, wind direction and speed, rain, and global solar radiation. The mangrove forest vegetation structures were described and monitored in September 2015, July 2019, December 2020 and December 2021, according to methodology from Schaeffer-Novelli et al. (2015), using a permanent plot (13m×13m). In order to assess the extent of damage, a radius of 5km was established from the microclimatic tower, in an area of 7,857ha. Satellite images of Sentinel 2 from May 25, 2019 (before

STORM DAMAGE IN MANGROVE FOREST AT SOUTHEASTERN BRAZILIAN UNESCO AND RAMSAR SITES

the event), June 14, 2019 (after the damage) and June 18, 2020 (1 year after the event) were analyzed. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Leaf Area Indices (LAI) were calculated.

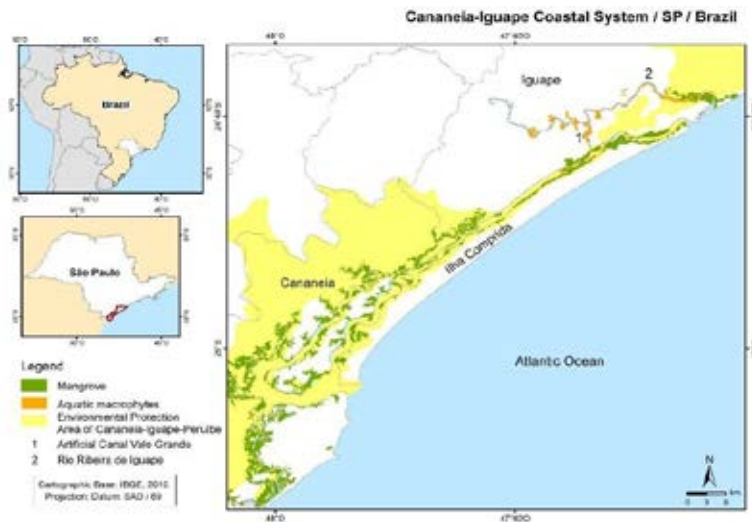


Figure 1. Study area location.

RESULTS

Atmospheric instability events occurred in the study area between May 29 and May 30, 2019. Low-level flows and the presence of a trough resulted in lightning, heavy rain and hail in the region. Figure 2 shows the recording of climate data in the microclimatic tower between May 28 and 30, 2019.



Figure 2: Variation of climatic attributes (air temperature, maximum wind gust and global solar radiation) from May 28 to May 30, 2019.

The station's last record occurred at 8:30am, when a $58.8\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ wind gust impacted the station. The equipment installed in the forest was damaged by the impact of the storm, associated with the occurrence of lightning and hail. After this climatic event, the mangroves showed a high mortality.

Rhizophora mangle and *Laguncularia racemosa* dominated the mangrove forests in this area, in 2015. The basal area dominance of live trunks of mangrove species was 93%, in 2015. After the extreme event, 94% are dead trunks of mangrove species (Figure 3). The climate event caused defoliation and marks on the mangrove tree trunks.

STORM DAMAGE IN MANGROVE FOREST AT SOUTHEASTERN BRAZILIAN UNESCO AND RAMSAR SITES

The average values of NDVI and LAI were high and within the reference values on May 25, 2019. On June 14, 2019, after the climatic event, mangroves class showed a reduction in NDVI from 0.72 to 0.35 (Figure 4), indicating total canopy loss. The LAI indicated a reduction from 4.25 to 0.63 (Figure 5).

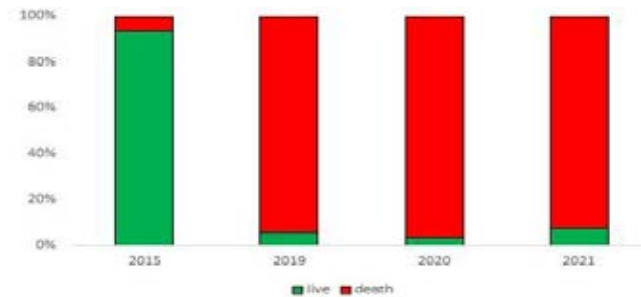


Figure 3. Basal area dominance of live and dead trunks, in 2015, 2019, 2020 and 2021.

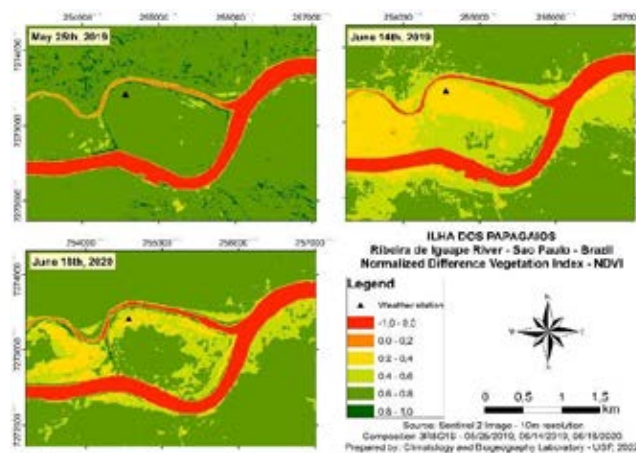


Figure 4. Temporal scale of NDVI for 05/25/2019, 06/14/2019 and 06/18/2020.

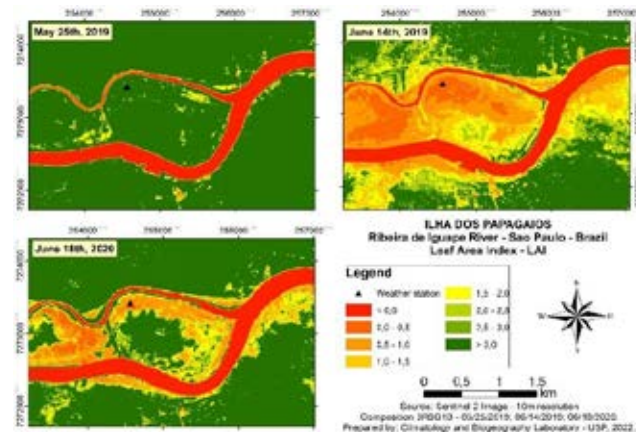


Figure 5. Temporal scale of LAI for 05/25/2019, 06/14/2019 and 06/18/2020.

DISCUSSION

According to Smith-III et al. (1994) classification of mangrove damage, the study area suffered a catastrophic impact, with more than 75% of trees fallen or broken. Recent events, such as the death of mangroves in Australia (Duke et al, 2017), suggest the growing importance of climate extreme mortality events and highlight that

mangrove can be sentinels of climate change (Sippo et al. 2018). In Southeast Brazil, Gomes et al. (2021) reported a mangrove mortality by drought event causing important CO₂ emissions.

CONCLUSIONS

To conclude the storm caused a catastrophic impact on the mangrove, with more than 90% of dead trunks after the climatic event. The reduction in the NDVI and LAI indices also proves this premise. This study provides an indication of the mangroves' vulnerability, considering scenarios of increased extreme events.

FUNDING

This study was supported by the *Fundação Grupo Boticário and the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*, Brazil.

REFERENCES

- Duke et al. (2017). Large-scale dieback of mangroves in Australia's Gulf of Carpentaria: a severe ecosystem response, coincidental with an unusually extreme weather event. *Mar. Freshwat. Res.* 68:1816–29
- Friess et al. (2019). The State of the World's Mangrove Forests: Past, Present, and Future. *Annual Review of Environment and Resources.* 44:1–27
- Gomes et al. (2021). Ecosystem carbon losses following a climate-induced mangrove mortality in Brazil. *Journal of Environmental Management* 297: 113381
- Schaeffer-Novelli et al. (2015). Monitoramento do Ecossistema Manguezal: Estrutura e Características Funcionais. In: Turra; Denadai (Org.). *Protocolos para o Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - ReBentos*. IOUSP, cap. 4, p. 62-80.
- Sippo et al. (2019). Carbon outwelling across the shelf following a massive mangrove dieback in Australia: insights from radium isotopes. *Geochimica and Cosmochimica Acta*, 253: 142 – 158.
- Smith-III et al. (1994). Mangroves, hurricanes, and lightning strikes. *BioScience* 44: 256–262.

Palabras clave: Hailstorm, monitoring, extreme events, dieback, natural disturbance.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



EMISIONES DE CH₄ Y CO₂ DEL SUELO DE MANGLAR BAJO RESTAURACIÓN ECOHIDROLÓGICA POR MORTALIDAD MASIVA

Ottmar Reyes-Jiménez¹

Susana Alvarado-Barrientos²

Jorge López-Portillo²

1 Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache. Km 6.5 Carr. Potrero del Llano-Tuxpan, Xoyotitla, Álamo Temapache, Veracruz, México.

2 Red de Ecología Funcional, Instituto de Ecología A.C. (INECOL)

Correspondencia · Corresponding Author

Ottmar Reyes-Jiménez

Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache

ottmarreyes@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los manglares son ecosistemas clave para mitigar la crisis climática actual, dado que secuestran y almacenan una enorme cantidad de carbono en el suelo. Sin embargo, pocas veces se tiene en cuenta, dentro del análisis del potencial de mitigación del cambio climático, las emisiones del carbono almacenado hacia la atmósfera, considerando que, p. ej., la liberación de metano (CH₄) en manglares puede descompensar en un 20% el efecto climático positivo (Rosentreter et al., 2021). Para complementar estos análisis es necesario conocer cómo varían las magnitudes de las emisiones de carbono del suelo, tanto en manglares conservados, como en manglares bajo diferentes condiciones de degradación y restauración. La mortalidad del manglar por la obstrucción del flujo hidrológico se deriva de la presión antropogénica del desarrollo de infraestructura costera. La restauración ecohidrológica del manglar incluye la rehabilitación hidrológica y la modificación del nivel del suelo, lo que permite la regeneración natural del ecosistema (Lopez-Portillo et al., 2021). Estos manglares son casos ideales para abordar los vacíos de conocimiento mencionados.

OBJETIVOS

Cuantificar las emisiones de CO₂ y CH₄ del suelo de un manglar en vías de restauración.

Comparar las emisiones y determinar sus controles biofísicos en tres etapas representativas de la restauración: manglar de transición (con baja degradación), islotes de revegetación y manglar muerto.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en la Laguna de Tampamachoco, Veracruz, México, en tres condiciones del manglar de *Avicennia germinans* bajo restauración. Se utilizó un analizador portátil de gases traza conectado a una cámara opaca (LI-7810 + Smart Chamber, LI-COR) colocada sobre un anillo de PVC para realizar mediciones *in situ* del flujo suelo-agua-atmósfera de CO₂ y CH₄ en 12 puntos de muestreo por condición de manglar, durante

nueve días (agosto-septiembre del 2021). Estas mediciones se realizaron 2 años después de la última fase de rehabilitación hidrológica que incluyó la apertura de canales para reconectar el manglar muerto con la laguna adyacente. Se registraron variables meteorológicas y parámetros fisicoquímicos del agua superficial, agua intersticial y del sedimento, incluyendo el conteo del número de neumatóforos dentro del anillo de PVC. Se usó un modelo lineal de efectos mixtos para determinar diferencias de las emisiones entre condiciones de manglar, y un modelo multivariado escalonado para determinar los controles biofísicos.

RESULTADOS

La interfase del suelo inundado (suelo-agua) en las tres condiciones de manglar estudiadas se caracterizó siempre como fuente emisora de gases de efecto invernadero. Las emisiones de CO₂ y CH₄ difirieron de forma significativa según la condición del manglar ($p < 0.0001$). La emisión promedio de CO₂ para el manglar de transición fue 502.7 mg m⁻² h⁻¹, para los islotes de revegetación fue 180.9 mg m⁻² h⁻¹ y para el manglar muerto fue 124.6 mg m⁻² h⁻¹. La emisión promedio de CH₄ para el manglar de transición fue 0.91 mg m⁻² h⁻¹, 0.21 mg m⁻² h⁻¹ para los islotes de revegetación y 0.44 mg m⁻² h⁻¹ para el manglar muerto. Los controles biofísicos de las emisiones variaron entre gases, pero el pH del agua superficial, el nitrógeno total del sedimento y la densidad de neumatóforos coincidió en ambos casos. Otro control biofísico del flujo de CO₂ fue el carbono total del sedimento, y para el CH₄, fue la presión atmosférica y la altura de inundación.

DISCUSION

Los valores promedio del flujo suelo-agua-atmósfera de CO₂ en este trabajo coinciden con estudios anteriores en manglares degradados, p. ej., Bulmer et al. (2015). Estas emisiones son, por lo general, menores a las reportadas en manglares conservados (Castillo et al., 2017; Senger et al., 2021). Las emisiones máximas de CO₂ encontradas en el manglar muerto son menores a las reportadas por Romero-Uribe et al. (2021) (Figura 1), quienes estudiaron el mismo sitio antes de concluir con la rehabilitación hidrológica. Esto sugiere que el mayor recambio de agua de inundación contribuye en la reducción de las emisiones de CO₂ y CH₄ del suelo.

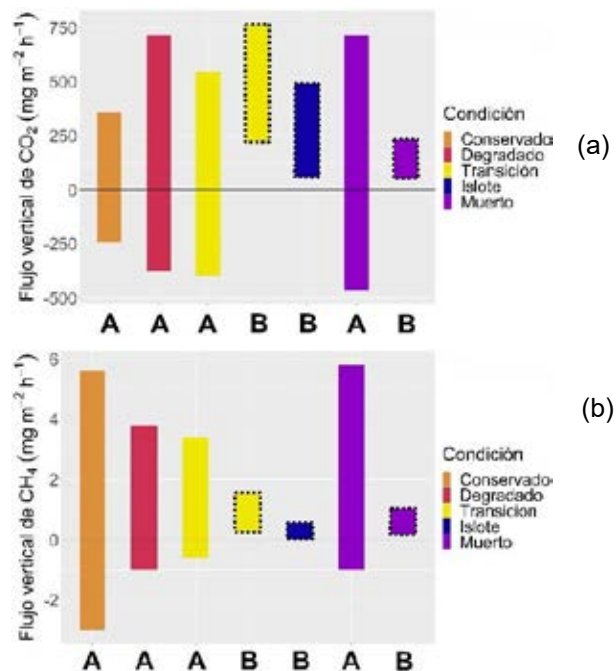


Figura 1. Rangos de CO₂ y CH₄ en las interfases suelo-agua-atmósfera de distintas condiciones de degradación-restauración del manglar en Laguna Tampamachoco, Veracruz, México. (a) CO₂ (b) CH₄. Valores positivos denotan emisión de carbono, y negativos indican asimilación. A: Romero-Uribe et al. (2021); B: este estudio.

Los reportes de los flujos de CH₄ son variables entre manglares conservados y degradados, sin consistencia sobre qué condición de conservación genera mayores o menores emisiones. Las emisiones reportadas aquí

coinciden con otros estudios en manglares degradados (p. ej. Castillo et al. 2017). Los flujos de CH₄ en manglares muertos suelen ser nueve veces mayores a los de manglares conservados (Romero-Uribe et al. 2021), pero esto no fue observado en el presente estudio. Esto sugiere que la rehabilitación hidrológica contribuyó a la reducción de emisiones de CH₄. No se encontraron estudios que reportaran emisiones de CO₂ o CH₄ del suelo-agua en islotes de revegetación. Sin embargo, las emisiones de CO₂ en los islotes se asemejan a las del manglar muerto, y las de CH₄ fueron menores entre las otras dos condiciones estudiadas, lo cual sugiere que la revegetación está recuperando, de forma gradual, las funciones del ecosistema.

CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que la condición del manglar influye en las emisiones de carbono del suelo, según controles biofísicos que explican la magnitud de éstas. Además, el desarrollo de la restauración ecohidrológica reduce las emisiones de CO₂ y CH₄ del suelo, resaltando el CO₂ con valores similares observados en manglares conservados o en etapas tempranas de degradación.

REFERENCIAS

- Bulmer, R. H., Lundquist, C. J., & Schwendenmann, L. (2015). Sediment properties and CO₂ efflux from intact and cleared temperate mangrove forests. *Biogeosciences*, 12:6169-6180.
- Castillo, J. A. A., Apan, A. A., Maraseni, T. N., & Salmo, S. G. (2017). Soil greenhouse gas fluxes in tropical mangrove forests and in land uses on deforested mangrove lands. *CATENA*, 159:60-69.
- López-Portillo, J. A., Zaldivar-Jiménez, A., Lara-Domínguez, A. L., et al. (2021). Hydrological Rehabilitation and Sediment Elevation as Strategies to Restore Mangroves in Terrigenous and Calcareous Environments in Mexico. En: *Wetland Carbon and Environmental Management*. John Wiley & Sons.
- Romero-Uribe, H. M., López-Portillo, J. A., Reverchon, F., & Hernández, M. E. (2021). Effect of degradation of a black mangrove forest on seasonal greenhouse gas emissions. *Environmental Science and Pollution Research*, 29:11951-11965.
- Rosentreter, J. A., Borges, A. V., Deemer, B. R., et al. (2021). Half of global methane emissions come from highly variable aquatic ecosystem sources. *Nature Geoscience*, 14:225-230.
- Senger, D. F., Saavedra Hortua, D. A., Engel, S., Schnurawa, M., Moosdorf, N., & Gillis, L. G. (2021). Impacts of wetland dieback on carbon dynamics: A comparison between intact and degraded mangroves. *Science of The Total Environment*, 753:141817

Palabras clave: Carbono azul, metano, flujo vertical, humedal costero, Tampamachoco.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



MANGROVE BIOMASS AND CARBON STOCK ASSESSMENT IN KINGSTON HARBOUR, JAMAICA

Patrice Francis
Mona Webber
Camilo Trench

Correspondencia · Corresponding Author

Patrice Francis

INTRODUCTION

Mangroves are threatened by various stressors including climate change factors such as increased storminess and sea level rise (Ward et al. 2016). Kingston Harbour located on the south coast of Jamaica is protected by approximately 300 hectares of mangroves which provide shelter for critical infrastructure such as air and sea ports, other commercial infrastructure as well as coastal communities from the above mentioned and other climate change effects.

The Kingston Harbour mangroves also experience a range of anthropogenic stresses by being close to the largest city in Jamaica and on the shores of the eutrophic Kingston Harbour. Despite mangroves being comprehensively researched, the biomass and carbon stocks of these urbanised mangroves have never been assessed, and knowledge of carbon stocks can facilitate accurate valuation to support conservation.

OBJECTIVES

The objective of this research were therefore to assess forest structure and quantify the carbon stored in the above and below ground living biomass of mangroves in Kingston Harbour.

METHODOLOGY

Twelve sites were selected throughout the mangroves surrounding the Kingston Harbour. These were labelled Gallows Point 1 (GP1), Gallows Point 2 (GP2), Refuge Cay (RC), Fort Rocky Lagoon 1 (FRL1); Fort Rocky Lagoon 2; Hurricane Refuge Lagoon (HRL); Plumb Point Lagoon (PPL); Old Airport runway (OR), Gunboat Beach (GB); Portmore Toll (PT); New Causeway Fishing Village (NCFV) and Sandy Gully (SG).

Four 10X10 m² plots were established from the seaward edge (2 seaward and 2 landward) along a transect where possible.

All species within the plots were identified and the height and diameter at breast height (DBH) at 1.3 m (except for *Rhizophora mangle* which was taken 20 cm above the highest prop root) measured using a telescoping pole and diameter tape.

Aboveground biomass (AGB) was estimated using the allometric species specific equations by Smith and Whelan (2006). The *L. racemosa* equation was used for *Conocarpus erectus* as no specific equation exists for this species

Belowground biomass (BGB) was estimated using the equation from Komiyama, Eong Ong, and Pongpam (2008): $BGB = 0.199 \rho 0.899 D^{2.22}$; where $D = (DBH)$ in cm and $\rho =$ wood density ($g\ cm^{-3}$). Biomass data was converted to carbon stock using the factor of 48% and 39% for above and below ground respectively. Analyses were achieved using Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) version 22 with alpha set at <0.05 . Data were checked for normalcy using Shapiro Wilks test and log or square root transformed to normalize data. Kruskal-Wallis test was used to determine significant differences.

RESULTS

A total of 1495 trees were assessed with *R. mangle* being the most abundant species followed by *A. germinans*, *L. racemosa* and *C. erectus*. HRL had the highest number of trees (197) followed by RC (175). The lowest was found at PT (67) which was a narrow spit of regenerated mangroves. Of the total trees, 9% were dead with *A. germinans* accounting for 50% of the dead trees, followed by *L. racemosa* (21%), *C. erectus* (17%) and *R. mangle* (12%).

DBH, height, above and belowground biomass and tree carbon were found to be spatially significant ($p < .001$) across the 12 sites. DBH varied from 0.1 cm to as high as 48.2 cm with a mean value of 5.53m. Height varied from 1.0 m to 17.85 m with a mean of 4.56 m. The mean widest and tallest trees were found at SG: 9.3 cm and 8.17 m respectively. Trees at RC had a mean diameter of 4.17 cm, the lowest of all sites.

AGB accounted for 67% of the total biomass while BGB was 33%. Total AGB ranged from 23.80 Mgha⁻¹ at PPL to 105.68 Mgha⁻¹ at HRL with a mean AGB of 0.53 Mgha⁻¹ while BGB ranged from 12.66 Mgha⁻¹ at PT to 144.61 Mgha⁻¹ at OR with a mean value of 0.36 Mgha⁻¹.

Mean tree carbon varied significantly between the sites with OR being different from all sites. GB and SB were also significantly different. Mean highest AG carbon (0.78 MgC ha⁻¹) and BG carbon (0.39 MgC ha⁻¹) carbon was found at OR and lowest at RC with 0.12 MgC ha⁻¹ and 0.06 MgC ha⁻¹ respectively. Mean total tree C was 0.40 MgC ha⁻¹.

DISCUSSION

The total biomass estimates across the sites were within the ranges (31.5 Mgha⁻¹ to 124.6 Mgha⁻¹) found in the Americas however the mean carbon stock is below the values typically reported within the Atlantic or worldwide. Biomass variability is reported to be as a result of age and structural differences (Lugo and Snedaker 1974). Another possible reason for the low values is the allometric equation used. Smith and Whelan (2006) acknowledged that their equation provides a lower biomass when compared to other studies such as Fromard et al. (1998) working in French Guiana. The equation by Smith & Whelan however is best for this study due to proximity and similarity in diameter class used by the researchers to create these equations. Since carbon is proportionate to the biomass the carbon values will also be low.

The low biomass may also be as a result of past hurricanes as well as the high prevalence of solid waste (Green and Webber 1996, McDonald, Webber, and Webber 2003) and pers. observation, which prevents tidal flushing of the forests thereby increasing salinity and other stressors. Day Jr et al. (1987) noted that stressors such as high soil salinity and anaerobic conditions induce plants to respond by putting their energy into dealing with these stresses instead of increasing biomass.

CONCLUSION

Despite not having very high biomass and associated carbon stock it is vital that the Kingston Harbour mangroves be conserved and restored, where possible, to not only mitigate sea level rise and other climate change threats but also for the other valuable ecosystem services they provide. Anthropogenic sources of pollution need to be stemmed to prevent further losses of this critical ecosystem and its services.

REFERENCES

- Day Jr, John W., William H. Conner, Francisco Ley-Lou, Richard H. Day, and Alejandro Machado Navarro. 1987. "The productivity and composition of mangrove forests, Laguna de Términos, Mexico." *Aquatic Botany* 27 (3):267-284.
- Fromard, F., H. Puig, E. Mougin, G. Marty, J. L. Betoulle, and L. Cadamuro. 1998. "Structure, above-Ground Biomass and Dynamics of Mangrove Ecosystems: New Data from French Guiana." *Oecologia* 115 (1/2):39-53.

MANGROVE BIOMASS AND CARBON STOCK ASSESSMENT IN KINGSTON HARBOUR, JAMAICA

- Green, Sean, and Mona Webber. 1996. "A survey of the solid waste pollution in the Kingston Harbour mangroves, near Port Royal, Jamaica." *Caribbean Marine Studies* 5.
- Komiyama, Akira, Jin Eong Ong, and Sasitorn Pongparn. 2008. "Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review." *Aquatic Botany* 89 128–137.
- Lugo, Ariel E., and Samuel C. Snedaker. 1974. "The Ecology of Mangroves." *Annual Review of Ecology and Systematics* 5:39-64.
- McDonald, Kerrine O., Dale F. Webber, and Mona K. Webber. 2003. "Mangrove Forest Structure Under Varying Environmental Conditions." *Bulletin of Marine Science* 73 (2):491-505.
- Smith, Thomas J., and Kevin R. T. Whelan. 2006. "Development of allometric relations for three mangrove species in South Florida for use in the Greater Everglades Ecosystem restoration." *Wetlands Ecology and Management* 14 (5):409-419.
- Ward, Raymond D., Daniel A. Friess, Richard H. Day, and Richard A. MacKenzie. 2016. "Impacts of climate change on mangrove ecosystems: a region by region overview." *Ecosystem Health and Sustainability* 2 (4):e01211.

Palabras clave: Mangroves; Carbon; Biomass; Kingston Harbour; Jamaica.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



TESTING HOW COASTAL MORPHOLOGY EXPLAINS MANGROVE ECOSYSTEM ECOLOGY: IMPLICATIONS TO GLOBAL ANALYSIS OF MANGROVE BLUE CARBON

Robert R. Twilley¹

Andre Rovai¹

¹Department of Oceanography and Coastal Sciences, College of Coast and Environment, Louisiana State University, Baton Rouge, LA, USA

Correspondencia · Corresponding Author

Robert R. Twilley¹ and Andre Rovai¹

Department of Oceanography and Coastal Sciences, College of Coast and Environment, Louisiana State University, Baton Rouge, LA, USA

INTRODUCTION

Coastal environmental settings have been used for decades to define patterns of mangrove ecology as subdivisions of geomorphologically defined habitats. These classification systems are all founded on similar principles that regional geomorphic processes interact with local topography of intertidal platform to define environmental gradients of hydroperiod, resources, and regulators controlling mangrove growth. This hypothesis that the properties of mangrove ecosystems can be explained by this hierarchy of regional geomorphic processes and local environmental gradients has been evaluated with different levels of rigor across ecosystem attributes.

OBJECTIVES

The hypothesis of this review is that regional gradients in geomorphic processes of a coastal region together with local platform characteristics in hydrology and topography will result in distinct patterns of productivity and nutrient cycling of mangrove ecosystems. This will be reflected in different patterns of forest structure, biomass, productivity, and biogeochemistry.

METHODS

We used two different techniques to classify coastal characteristics into different typologies of coastal environmental settings: (1) Dürr (Dürr et al. 2011) and (2) Worthington (Worthington et al. 2020) schemes. The Atlantic/Eastern Pacific (AEP) biogeographic region has similar percentage of global mangrove area compared to Indo/West Pacific in the Dürr and Worthington schemes at 61% and 56%, respectively. To test if mangrove properties vary with coastal environmental settings, we compiled datasets for a variety of ecosystem attributes that combines published and unpublished data representing the diversity of coastal settings. Each site with each ecosystem attribute was assigned to the Dürr and Worthington schemes and to either of the two biogeographic zones (AEP, IWP). The observations for a specific ecosystem attribute were grouped and differences ($P < 0.05$)

across coastal environmental settings (differences within a scheme) and biogeographic regions were assessed using Kruskal-Wallis and pairwise Wilcoxon comparison tests in R environment (R Core Team 2021).

RESULTS

The inorganic constituent dominated total sedimentation (ΔS_{tot}) at all coastal settings with a global mean (\pm SE) of $2112 (\pm 292)$ $\text{gdm m}^{-2} \text{yr}^{-1}$. Terrigenous settings have much greater inorganic sedimentation (ΔS_{inorg}) rates (2641 ± 363 $\text{gdm m}^{-2} \text{yr}^{-1}$) compared to carbonate settings (331 ± 70 $\text{gdm m}^{-2} \text{yr}^{-1}$). There is a significantly lower ΔS_{inorg} rate in AEP than IWP, given that lagoons and carbonate systems dominate observations for AEP region, and higher precipitation and runoff-transported sediment into rivers in IWP mangroves. There was less variation among coastal environmental settings for organic sedimentation (ΔS_{org}) rates, yet the trends were very similar to those observed for inorganic sedimentation.

Patterns of aboveground biomass (AGB) across coastal environmental settings reflect the trends in basal area and tree height. Delta settings have significantly greater AGB with similar values for both schemes at about 175 Mg ha^{-1} . Estuaries had lower AGB in both Dürr ($136.1 \pm 3.93 \text{ Mg ha}^{-1}$) and Worthington ($131.8 \pm 4.21 \text{ Mg ha}^{-1}$) schemes. As a result, AGB was also significantly greater in IWP region ($170.9 \pm 3.91 \text{ Mg ha}^{-1}$) compared to values nearly half in the AEP region ($87.2 \pm 2.66 \text{ Mg ha}^{-1}$). This regional difference in AGB was more significant in some coastal settings compared to others.

The net primary productivity (NPP) of carbon fixed from the atmosphere is expressed in both litterfall (NPP_L), wood production (NPP_W) and root productivity (NPP_B). When respiration by microbes and animals that inhabit mangrove wetlands is subtracted from NPP, this represents net ecosystem productivity (NEP) formed by net accumulation of organic matter in wood (NEP_W), litter (NEP_L) and belowground biomass (NEP_B). Measurements of sediment organic carbon (S_{orgC}) accumulation rates, or ΔS_{orgC} , integrates all the net organic carbon fluxes from NPP_B and net exchange of tidal inflow-outflow (NTE_M) of total organic carbon (TOC) of a mangrove wetland (Twilley et al. 2019). Summing ΔS_{orgC} with organic carbon fluxes from NPP_W (corrected to organic carbon density) defines mangrove NEP. NEP can represent a significant net flux of carbon from the atmosphere that is stored in long-term reservoirs of wood and soil.

There are about 537 published estimates of NPP_L ranging from 0.03 to $35.55 \text{ Mg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ with a global mean of $9.49 \pm 0.22 \text{ Mg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$. There is minor variation among coastal environmental settings and biogeographic provinces in NPP_L . Estimates of NPP_W are much fewer at only 124 published estimates ranging from 0.2 to $40 \text{ Mg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ with a global mean of $8.83 \pm 0.74 \text{ Mg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$. There is significantly greater variation in wood production across coastal settings demonstrating more variability than observed for litterfall based on both the Dürr and Worthington classifications. Given the fewer estimates of wood production globally, it is not surprising that there are only 126 estimates of NPP_A that range from 2.9 to $106.2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ with global mean of $21.13 \pm 1.58 \text{ Mg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$. There should be much greater effort in measuring NPP_W of mangrove wetlands to improve global estimates of NPP_A , including testing if there are differences in coastal environmental settings.

The carbon sequestration component of NPP_A is NPP_W that represents a more permanent sink (decadal storage) and is estimated at $3.81 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ or $381 \text{ gC m}^{-2} \text{yr}^{-1}$. There are 155 observations of sediment accretion in mangroves and 231 observations of carbon sequestration used to estimate a global mean of $0.54 \pm 0.08 \text{ cm/yr}$ and $180 \pm 13 \text{ gC m}^{-2} \text{yr}^{-1}$, respectively. Carbon sequestration rates as ΔS_{orgC} does not vary strongly across coastal environmental settings. In the Dürr CES system, estuaries have significantly greater rates ($262 \pm 31 \text{ gC m}^{-2} \text{yr}^{-1}$) compared to deltas, lagoons, and carbonates that range from 154 to $171 \text{ gC m}^{-2} \text{yr}^{-1}$. In the Worthington CES system, deltas have greater ΔS_{orgC} ($256 \pm 32 \text{ gC m}^{-2} \text{yr}^{-1}$) compared to estuaries, lagoons, open coasts and carbonates that range from 154 to $187 \text{ gC m}^{-2} \text{yr}^{-1}$.

GLOBAL ESTIMATES

The global mean NEP carbon sequestration rate is $599 \text{ gC m}^{-2} \text{yr}^{-1}$ with similar values for AEP ($559 \text{ gC m}^{-2} \text{yr}^{-1}$) and IWP ($621 \text{ gC m}^{-2} \text{yr}^{-1}$). In the Worthington scheme, terrigenous settings have NEP carbon sequestration rate of 664 compared to $449 \text{ gC m}^{-2} \text{yr}^{-1}$ in carbonate settings. This contrasts with the Dürr scheme where carbonate settings average NEP carbon sequestration rate of $644 \text{ gC m}^{-2} \text{yr}^{-1}$, similar to the terrigenous settings of Washington scheme. In the Dürr scheme estuaries have the greatest carbon sequestration rate at $932 \text{ gC m}^{-2} \text{yr}^{-1}$ based on significantly higher rates of both ΔS_{orgC} and NPP_W compared to all settings in both schemes. Most of the total value of NEP carbon sequestration estimates is from NPP_W , with the global mean of NPP_W about 2.3 times the value of ΔS_{orgC} . Based on the respective mangrove area per typology per the Dürr and Washington schemes, the total carbon sequestration of undisturbed mangroves is 60 and 80 TgC yr^{-1} , respectively.

TESTING HOW COASTAL MORPHOLOGY EXPLAINS MANGROVE ECOSYSTEM ECOLOGY: IMPLICATIONS TO GLOBAL ANALYSIS OF MANGROVE BLUE CARBON

Mangroves in deltas and estuaries in both CES schemes demonstrate the highest total carbon sequestration potential, demonstrating the global significance of mangroves in terrigenous settings to carbon mitigation.

REFERENCES

- Dürr, H., et al., 2011. Worldwide typology of nearshore coastal systems: defining the estuarine filter of river inputs to the oceans. *Estuaries and Coasts* **34**:441-458
- Worthington, T. A., et al. 2020. A global biophysical typology of mangroves and its relevance for ecosystem structure and deforestation. *Scientific reports* **10**:1-11
- Twilley, R. R., et al. 2019. Mangrove Biogeochemistry at Local to Global Scales Using Ecogeomorphic Approaches. Pages 717-785 *Coastal Wetlands*. Elsevier
- Team, R. C. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing,. Vienna, Austria. URL

Keywords: Mangroves, coastal environmental settings, net primary productivity, net ecosystem productivity, blue carbon, carbon sequestration, sedimentation.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



RELEVANCIA Y FACTIBILIDAD DE UNA RESPUESTA PARA REPARAR DAÑOS Y UN SEGURO PARA MANGLARES ANTE HURACANES EN MÉXICO, FLORIDA Y BAHAMAS

Martha Rogers¹
Fernando Secaira Fajardo¹
Laura Geselbracht¹
Marcia Musgrove¹
Eric Roberts¹
Joseph Schmidt¹

1. The Nature Conservancy

Correspondencia · Corresponding Author

INTRODUCCIÓN

Los manglares proveen protección contra mareas de tormentas reduciendo las pérdidas en infraestructura en millones de dólares. Sin embargo, los manglares también sufren daños por los huracanes. En algunos casos, es importante apoyar al sistema natural a recuperarse de los daños lo cual requiere de una capacidad instalada para la respuesta y de financiamiento.

OBJETIVOS

Determinar la necesidad y la factibilidad de crear instrumentos financieros para financiar la respuesta post-tormenta para reducir los daños a los manglares causados por huracanes.

METODOLOGÍA

The Nature Conservancy (TNC), la Universidad de California en Santa Cruz (UCSC) y Centro de Investigaciones Avanzadas Unidad Merida (CINVESTAV-Merida) condujeron una caracterización de los daños causados por los huracanes a manglares y proponen técnicas de restauración para reducir los daños con base en la experiencia en la Península de Yucatan y Golfo de México. Luego determinaron el valor económico del servicio de protección costera en el Caribe y Golfo de México (UCSC) utilizando modelos oceanográficos de tormentas, nivel de inundación en la costa, y las pérdidas económicas al capital construido en la zona costera. Finalmente, TNC condujo consultas con los actores relevantes en Florida, Mexico y Bahamas, y con compañías aseguradoras, para determinar el interés y factibilidad legal y financiera de utilizar un seguro contra huracanes para financiar la respuesta.

RESULTADOS

Los manglares proveen valiosa protección costera en los tres países. Por ejemplo, las pérdidas a la infraestructura costera causadas por tormentas con período de retorno de 100 años pueden aumentar de USD 9,130 por hectárea a USD 41,640 (Menéndez, P. et al., 2022). Los daños a los manglares pueden ser reducidos a un costo promedio de USD 4,500 por hectárea, aunque puede subir hasta USD 37,000 (Herrera-Silveira, J.A. et al., 2022).

Los seguros paramétricos e indemnizatorios contra huracanes son aplicable a manglares, utilizando la velocidad del viento de huracanes como parámetro para disparar los pagos. Las compañías de seguro están interesadas en colocar el producto en el mercado y actores locales en Florida, Bahamas y Mexico están interesados en explorar el instrumento (Rogers, M. Et al., 2022).

CONCLUSIONES

Los manglares proveen valiosa protección costera. El daño causado por los huracanes a los manglares puede reducirse y su costo es menor a las pérdidas que causan dichas tormentas. Un seguro es un instrumento factible en el mercado que puede utilizarse para financiar la reparación de daños.

REFERENCIAS

- Herrera-Silveira, J. A., Teutli-Hernandez, C., Secaira-Fajardo, F., Braun, R., Bowman, J., Geselbracht, L., Musgrove, M., Rogers, M., Schmidt, J., Robles-Toral, P. J., Canul-Cabrera, J. A., & Guerra-Cano, L. 2022. "Hurricane Damages to Mangrove Forests and Post-Storm Restoration Techniques and Costs." The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- Menéndez, P., Lowrie, C., and Beck, M. W. (2022). "Building Mangrove Capital: Assessing the Benefit Cost Ratio for Mangrove Restoration Across the Wider Caribbean." The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- Rogers, M., Secaira-Fajardo, F., Geselbracht, L., Musgrove, M., Roberts, E., & Schmidt, J. (2022). "Relevance and Feasibility of Mangrove Insurance in Mexico, Florida, and The Bahamas." The Nature Conservancy, Arlington, VA

Palabras clave: Manglares, Huracanes, Restauración post tormenta, Protección costera, Seguros-instrumentos financieros.



Investigatio

ISSN: 1390 - 6399 • ISSN-e: 2602 - 8336

Universidad Espíritu Santo © – UEES



COLOMBIA PIONERO EN DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN, REPLICA Y DISEMINACIÓN DE INICIATIVAS DE CARBONO AZUL EN MANGLARES

Paula Cristina Sierra-Correa
Anny Zamora Bornachera¹
Francisco A. Arias-Isaza¹

Correspondencia · Corresponding Author

Paula Cristina Sierra-Correa

INTRODUCCIÓN

Los manglares son reconocidos por su capacidad para capturar y almacenar carbono en biomasa, necromasa y suelos por periodos mayores que los observados en ecosistemas terrestres (Atwood et al., 2017), lo cual se constituye en una oportunidad clave para la mitigación y adaptación al cambio climático (Howard et al., 2014, Sierra-Correa y Cantera-Kintz, 2015).

OBJETIVO

Avanzar en el diseño, implementación, replica y diseminación de iniciativas carbono azul (CA) en manglares en Colombia.

METODOLOGÍA

Teniendo en cuenta la secuencia de proyectos e intervenciones para levantamiento de línea base de carbono en manglares y la incidencia en las políticas públicas, se documentan las experiencias CA del Caribe colombiano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Colombia, en el marco proyecto “Diseño e implementación del Subsistema de áreas marinas protegidas de Colombia (SAMP)” implementado con el apoyo financiero del GEF a través del PNUD, liderado Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR) y co-ejecutado con socios regionales, nacionales y comunidades locales, durante el 2012 al 2015 se desarrollaron estudios técnicos para estimar el almacenamiento de carbono en manglares de áreas marinas protegidas (AMP) de bahía Málaga en el Pacífico y el Distrito de Manejo Integrado (DRMI) de Cispata, golfo de Morrosquillo en el Caribe, bajo la hipótesis de que manglares en buen estado de salud eran capturadores y manglares deteriorados eran emisores de carbono a la atmósfera. Los resultados indicaron un potencial de almacenamiento de carbono en bahía Málaga de 220,4 Mg/ha en 3470,45 hectáreas y en el DMI Cispata de 521,3 Mg/ha en 8570,9 hectáreas (Yepes et al., 2015), la mayor proporción de carbono presente en el suelo (60-80%) para las dos áreas, siendo menor en el Pacífico donde se presentan cambios de marea diarios de hasta 4m. Los aprendizajes orientaron la elaboración de guías metodológicas para el desarrollo de proyectos tipo REDD+ en ecosistemas de manglar.

Como mecanismo de sostenibilidad del SAMP y fortalecimiento de las AMP regionales, se diseñó e implementó entre 2017-2021 la acción “Manglares, Pastos Marinos y Comunidades locales: Desarrollo e intercambio de

experiencias de la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios en la región Caribe (MAPCO)”, en el marco de la cual tomando como insumo la línea base del SAMP y los más de 20 años de monitoreo ininterrumpido del manglar del DRMI-Cispata, se diseñó el primer proyecto de carbono azul en Colombia, que se ha venido consolidando a través de una alianza estratégica entre comunidades locales, INVEMAR, Corporación Autónoma Regional CVS y CARSUCRE, CI, Fundación Omacha y empresas privadas. El proyecto denominado hoy “Vida Manglar”, espera reducir en 30 años (desde 2015) un valor aproximado de 1.000.000tCO₂e. Las actividades del proyecto se implementan a través de 4 líneas encaminadas al fortalecimiento de la gobernanza, fomento de proyectos productivos, recuperación y rehabilitación de manglares y monitoreo participativo. Vida Manglar es el primer proyecto a nivel global con certificación Verra y venta de créditos de carbono vía subasta.

Desde finales del 2021 y hasta la fecha se ha escalado y replicado lo realizado en los manglares de las islas oceánicas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina donde está próxima a iniciarse la fase de pre-factibilidad para certificación; seguidamente en los manglares de Sucre para ver su viabilidad y adicionalidad a Vida Manglar ya que están localizados en el mismo Golfo, los de la Guajira y Caimanera en el departamento del Atlántico. Los análisis realizados hasta el momento muestran datos comparables con los promedios obtenidos en DRMI-Cispata y en proporción de profundidad del suelo, con el promedio mundial referido por Alongi (2020).

Los avances adquiridos en los proyectos anteriores motivaron en Colombia la conformación del Equipo Técnico Científico de Carbono Azul (ETCCA), integrado por INVEMAR, IDEAM y Ministerio de Ambiente, para sintetizar insumos técnicos y construcción de mecanismos de cooperación para la integración de los ecosistemas de carbono azul en los sistemas de contabilidad de emisiones y cumplimiento de metas y compromisos nacionales actuales o por concertar en materia de mitigación de gases efecto invernadero, adaptación al cambio climático, gestión del riesgo y conservación de humedales costeros; logrando la actualización de las NDC de Colombia con la incorporación de metas de conservación, restauración y manejo de los manglares, así como, el documento con orientaciones técnicas para formular y desarrollar iniciativas de carbono azul y de adaptación basada en ecosistemas para tomadores de decisiones en revisión.

Por otra parte, INVEMAR, actualizó el mapa de manglares de Colombia a escala 1:10.000 y el geovisor de prioridades de restauración. También como centro regional de entrenamiento en ciencias oceánicas de la Academia Global de Entrenamiento (OTGA siglas en inglés) de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO, diseñó y puso en marcha desde 2018 el curso anual de cambio climático: mitigación y adaptación ecosistemas carbono azul, en el que se han capacitado más de 100 personas de habla hispana en Latinoamérica y cuyos materiales se encuentran disponibles en la plataforma OTGA.

CONCLUSIONES

Se cuenta con línea base de almacenamiento de carbono en manglares del Caribe colombiano. El Grupo ETCCA conformado e incidiendo en políticas públicas incluidas las NDC. Experiencia adquirida para escalar y replicar en el Pacífico y otros países en el mundo con ecosistemas carbono azul. Se contribuye a los ODS 5, 8,11, 13, 14, 15, 17 y se transfieren conocimientos en el marco del Decenio de las Ciencias Oceánicas, mediante redes (Remarco, Global Mangrove Alliance), y se integran los resultados a los compromisos nacionales e internacionales.

REFERENCIAS

- Alongi, D. M. (2020). Carbon cycling in the world’s mangrove ecosystems revisited: Significance of non-steady state diagenesis and subsurface linkages between the forest floor and the coastal ocean. *Forests*, 11: 977.
- Atwood, T. B., Connolly, R. M., Almahasheer, H., Carnell, P. E., Duarte, C. M., Lewis, C. J., & Irigoien, X. (2017). Global patterns in mangrove soil carbon stocks and losses. *Nature Climate Change*, 7, 523-529. [doi:10.1038/nclimate3326](https://doi.org/10.1038/nclimate3326)
- Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Pidgeon, E., Telszewski, M., (2014). Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses. Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia, USA. 182 p.

COLOMBIA PIONERO EN DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN, REPLICA Y DISEMINACIÓN DE INICIATIVAS DE CARBONO AZUL EN MANGLARES

Sierra-Correa, P.C. and Cantera-Kintz, J.R. 2015. Ecosystem-based adaptation for improving coastal planning for sea-level rise: A systematic review for mangrove coasts. *Mar Policy* 51: 385-393

<http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2014.09.01>

Yepes A.P, M. Zapata, J. Bolivar, A. Monsalve, S.M. Espinosa, P.C. Sierra-Correa. 2015. Ecuaciones alométricas de biomasa aérea para la estimación de los contenidos de carbono en manglares del Caribe Colombiano. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 64 (2): 913-926.

Palabras clave: Carbono Azul, Colombia, NDC, Vida Manglar, mitigación cambio climático.

INVESTIGATIO



MIAR



CIRC



Centro de
Investigaciones

SAMBORONDÓN - ECUADOR
PBX: 5000950 Ext. 1319-1317

E-mail: academicjournals@uees.edu.ec
Revista digital: <http://revistas.uees.edu.ec/>
Sitio web: www.uees.edu.ec