

Análisis estadístico del crecimiento de mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) durante la época de seca, Ejido la Solución Somos todos, Paraíso Tabasco

Statistical analysis of the growth of white mangrove (*Laguncularia racemosa*) during the dry season in Ejido La Solución Somos Todos, Paraiso Tabasco

Sánchez-Díaz, B.; Sol-Sánchez, A.; Cabrales-De La Cruz, J. C.; Hernández-Melchor, G. I.; Aguilar-Sánchez, L. D.

 B. Sánchez-Díaz

baltazar.sanchez@comalcalco.tecnm.mx
Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, México

 A. Sol-Sánchez

sol@colpos.mx
Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, México

 J. C. Cabrales-De La Cruz

dir_general@comalcalco.tecnm.mx
Tecnológico Nacional de México Campus
Comalcalco, México

 G. I. Hernández-Melchor

gloria.hernandez@unach.mx
Universidad Autónoma de Chiapas, México

L. D. Aguilar-Sánchez

lucy_ing2000@hotmail.com
Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, México

Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua

ISSN-e: 2410-7980

Periodicidad: Semestral

vol. 9, núm. 18, 2023

conrado.quirroz@ev.unanleon.edu.ni

Recepción: 28 Agosto 2023

Aprobación: 30 Diciembre 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3944609008/>

DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v9i18.16617>

Autor de correspondencia: sol@colpos.mx

Copyright © 2023 Rev. iberoam. bioecon. cambio clim.

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua León. (UNAN-León). Area de Conocimiento de Ciencias Agrarias y Veterinarias/ Area Especifica de Agroecología/Centro de Investigacion en Bioeconomía y Cambio climatico (CIByCC).

Resumen: Introducción: Para calcular el crecimiento de las plantas se emplean funciones alométricas que consideran ciertos parámetros físicos del árbol, tales como el diámetro a la altura del pecho, la altura y el diámetro de la copa. **El objetivo:** estimar el crecimiento del mangle blanco (*Laguncularia racemosa* L. Gaertn) en parcelas de validación durante la época seca del año 2023. **Materiales y métodos:** Se realizaron mediciones en tres parcelas durante la época de seca del año de las variables alométricas del mangle blanco (*Laguncularia racemosa*). **Resultados:** La altura presentó medias de 1.26 m, 1.37 m y 1.43 m, el DAP presentó medias de 0.37 cm, 0.28 cm y 0.41 cm, y el diámetro de copa valores de la media de 41.81 cm, 37.17 cm y 51.60 cm, todos estos valores para las mediciones de febrero, abril y junio respectivamente. **Conclusión:** el estudio confirma que la época seca tiene un impacto significativo en el crecimiento del mangle blanco, ya que se demostró diferencias significativas en el crecimiento de las plantas evaluadas en términos de altura, diámetro a la altura del pecho (DAP) y diámetro de copa, lo cual sugiere que factores estacionales y ambientales influyen notablemente en su desarrollo.

Palabras clave: Manglares, Cambio climático, Conservación.

Abstract: Introduction: Allometric functions that consider certain physical parameters of the tree, such as diameter at breast height, height and crown diameter, are used to estimate plant growth. **The objective:** to estimate the growth of white mangrove (*Laguncularia racemosa* L. Gaertn) in validation plots during the dry season of the year 2023. **Materials and methods:** Measurements of allometric variables of white mangrove (*Laguncularia racemosa*) were made in three plots during the dry season of the year. **Results:** Height presented means of 1.26 m, 1.37 m and 1.43 m, DBH presented means of 0.37 cm, 0.28 cm and 0.41 cm, and crown diameter presented mean values of 41.81 cm, 37.17 cm and 51.60 cm, all these values for measurements in February, April and June, respectively. **Conclusion:** The study confirms that the dry season has a significant impact on the growth of the white mangrove, since significant differences were demonstrated in the growth of the



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NonComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

plants evaluated in terms of height, diameter at breast height (DBH) and crown diameter, which suggests that seasonal and environmental factors have a significant influence on their development.

Keywords: Mangroves, Climate change, Conservation.

INTRODUCCIÓN

Los manglares son ecosistemas ubicados en áreas costeras de regiones tropicales y subtropicales, juegan un papel fundamental en la mitigación del cambio climático debido a su capacidad para capturar carbono (Winanti *et al.*, 2023; Zakaria *et al.*, 2021). Varios estudios, como el realizado por Meng *et al.* (2022), han destacado la importancia de los manglares en la absorción de carbono, protección contra la erosión costera, conservación de la diversidad biológica y eliminación de sedimentos de agua contaminada (Zhang *et al.* 2022). Los manglares cubren alrededor del 0.7% (aproximadamente 140 000 km²) de los bosques tropicales del mundo. Cada año, estos manglares tienen la capacidad de capturar hasta 24 teragramos (Tg) de carbono, lo cual equivale aproximadamente al 3% de la captura total de carbono de todos los bosques tropicales a nivel mundial (Peñaranda *et al.*, 2019). A pesar de su importancia en términos ecológicos, durante los últimos 50 años, los manglares del mundo se han reducido drásticamente, estimada entre un 30% y un 60%. La pérdida de estos ecosistemas ha resultado en la liberación significativa de cantidades de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera (Wang *et al.*, 2019).

La conservación de los manglares en México es de suma importancia no solo para proteger la diversidad biológica y los ecosistemas costeros, sino también para mitigar los efectos del cambio climático (Carranza Ortiz *et al.*, 2018). En este sentido, los manglares desempeñan un papel importante en los ecosistemas costeros de Tabasco, ya que proporcionan diversos beneficios, como la protección costera, la conservación de la biodiversidad, provisión de nichos y hábitat para diversas especies, protección de infraestructura, y la captura de carbono entre otros, lo que los convierte en una parte esencial del entorno natural de la región (Hernández *et al.*, 2016). Es fundamental comprender su distribución y características para hacer un uso, manejo, aprovechamiento y conservación apropiada al ecosistema (Pérez-Jiménez *et al.*, 2020).

En México se encuentran seis especies de manglares: *Rhizophora mangle* L. (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* A. Gaertn. (mangle blanco), *Avicennia germinans* L. (mangle negro), *Conocarpus erectus* L. (mangle botoncillo), *Rhizophora harrisonii* y *Avicennia bicolor* Standl. En conjunto, estas especies abarcan aproximadamente 7,645 km² de territorio mexicano, lo cual representa alrededor del 5% de la cobertura mundial de manglares (Barrios-Calderón *et al.*, 2020). Durante los últimos 25 años, en México se ha presentado una disminución del 11% en la extensión de los manglares (Romero-Berny *et al.*, 2013) y la tasa de deforestación de manglar en ambas costas entre 1976 y 2000 fue de 2.5% (Calderón *et al.*, 2009).

Esta reducción de manglares antrópica ha provocado un aumento significativo en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera debido a la descomposición del material orgánico presente en los suelos. Por lo tanto, resulta esencial conservar los manglares para evitar las emisiones derivadas de su pérdida (Bolívar-Anillo *et al.*, 2020; Velázquez-Pérez *et al.*, 2019).

La biomasa forestal es fundamental para medir la contribución de los manglares en la captura de carbono, ya que cada especie de manglar tiene características propias de crecimiento, contenidos de clorofila, biomasa y volumen de captura de carbono (Cisneros-de la Cruz *et al.*, 2021; Hartoko *et al.*, 2022). Para estimar el

NOTAS DE AUTOR

sol@colpos.mx

crecimiento, se utilizan funciones alométricas en relación con ciertos parámetros físicos del árbol, como el diámetro a la altura del pecho, la altura y el diámetro de la copa (Aye *et al.*, 2022). Asimismo, es importante contar con información relevante y confiable acerca del estado de desarrollo de la regeneración natural de los bosques de manglares en diferentes etapas, como la etapa de brinzal (altura < 1.5 m; diámetro < 5 cm), latizal (altura 1.5-3.0 m; diámetro 5-15 cm) y fustal (altura > 3 m; diámetro > 15 cm). Esta información se torna esencial para quienes toman decisiones con relación a la gestión de este valioso recurso natural (Sánchez-Toruño *et al.*, 2022).

La época de seca es crucial debido a los impactos ambientales que pueden generar en el desarrollo de las plantas de mangle, el crecimiento puede verse afectado, así como su ganancia en volumen de madera, esto debido a que la falta de agua afecta directamente el crecimiento y el rendimiento de las plantas debido a su incapacidad para realizar la fotosíntesis y llevar a cabo sus funciones fisiológicas (Ahmed *et al.*, 2023a). El déficit hídrico genera alteraciones en procesos fisiológicos y metabólicos principalmente la tasa de fotosíntesis, disminución de la síntesis de proteínas totales y en las tasas de crecimiento (Valverde-Otárola *et al.*; Moreno, 2009). El conocer el comportamiento del mangle blanco a lo largo del año, permite desarrollar estrategias de aprovechamiento e implementar medidas más efectivas para protegerlos y mantener el estado de la salud de estos ecosistemas costeros (Hernández-Félix *et al.*, 2017).

La tasa de regeneración de esta especie en la zona de aprovechamiento autorizada es muy importante para el Ejido La solución Somos todos, esta especie aporta la materia prima de postes para cercas, puntales para cimbra y andamios, madera para construcciones rústicas, madera rolliza para carbón y representa cerca del 81 % del ingreso de la población por comercio de esta especie y sus derivados, pues permite la regeneración en la superficie aprovechada. Esta información es coincidente con los resultados de Hoyos *et al.*, (2013) donde registra que pocos árboles en pie aseguran la regeneración, pues la regeneración natural permite a las especies vegetales permanecer a través del tiempo (Asquith, 2002).

El estudio sobre la dinámica del crecimiento de la especie permite elaborar cálculos o estimaciones para definir el periodo de aprovechamiento del rodal, tanto de primer corte como de aprovechamiento de retoños (Di benedetto y Tognetti, 2016).

Por lo anterior el objetivo de esta investigación fue estimar el crecimiento del mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) en parcelas de validación durante la época seca del año 2023.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio

El Ejido La Solución Somos Todos" es un área dedicada a la protección y conservación de la biodiversidad local. Se encuentra en un entorno caracterizado por un clima tropical húmedo, con tres épocas distintas durante el año: la época de lluvias, la época seca y los nortes. El sitio se localiza en la zona costera del Golfo de México, y también abarca los canales de agua salada que se encuentran en su interior.

Trabajo de campo

El número total de plantas monitoreadas fue de 586, de las cuales 207 se ubicaron en la parcela dos, 197 en la parcela tres y 182 se ubicaron en la parcela cuatro. La recolección de datos de campo se realizó durante la temporada seca, que duró de febrero a junio de 2023, cuando no se registraron precipitaciones. Se tomaron tres mediciones en febrero, abril y junio. Para ello se establecieron tres parcelas de 100 m² cada una (Fonseca *et al.*, 2007).

Mediciones de las variables dasométricas

Cada planta de mangle fue etiquetada al momento de iniciar las mediciones. Para medir el diámetro a la altura del pecho se utilizó un Calibrador vernier analógico 6" acero inoxidable std y mm, Truper, tomando la medida a 30 centímetros del suelo. La altura de los mangles se midió con una regla de madera graduada de 3 m de largo, mientras que el diámetro de la copa se midió con una cinta métrica.

Análisis de los datos

Los datos recopilados fueron analizados estadísticamente. Se utilizaron métodos estadísticos como el anova para la variable altura porque los datos presentaron normalidad y kruskal wallis para las variables diámetro de la altura al pecho y diámetro de compa porque los datos no presentaron normalidad, y así estimar el crecimiento de la especie durante este período (Ahmed et al., 2023b; Herrera-Villafranca *et al.*, 2012). Los análisis se realizaron a través del software estadístico Statgraphics Centurion®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN**Altura**

El análisis de varianza indico diferencias estadísticas significativas ($p=0.0090$) entre los promedios de las alturas (m) de los árboles de mangle blanco evaluadas en los diferentes meses: febrero, abril y junio). El valor promedio más alto de altura del mangle blanco se observó en mes de junio, seguido por el mes de abril. El valor promedio más bajo de altura se encontró en el mes de febrero (Tabla 1).

TABLA 1.
Resumen estadístico de altura

Meses	Promedio (m)	Desviación Estándar (m)	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
Febrero	1.26156	0.32	25.3655%	0.5	2.0	1.5
Abril	1.37623	0.354453	25.7553%	0.54	2.14	1.6
Junio	1.43065	0.360914	25.2273%	0.55	2.25	1.7
Total	1.35615	0.351258	25.9012%	0.5	2.25	1.75

La figura 1 muestra la tendencia de cambio en la altura promedio de los árboles de mangle blanco a lo largo de los meses de febrero, abril y junio. Las diferencias significativas observadas en estos meses sugieren que factores estacionales o ambientales pueden estar incidiendo en el crecimiento de las plantas en evaluación en las parcelas de monitoreo. El contraste múltiple de Tukey indico con letras diferentes diferencias estadística significativas entre los promedios de la altura de los árboles de mangle, de los diferentes meses evaluados.

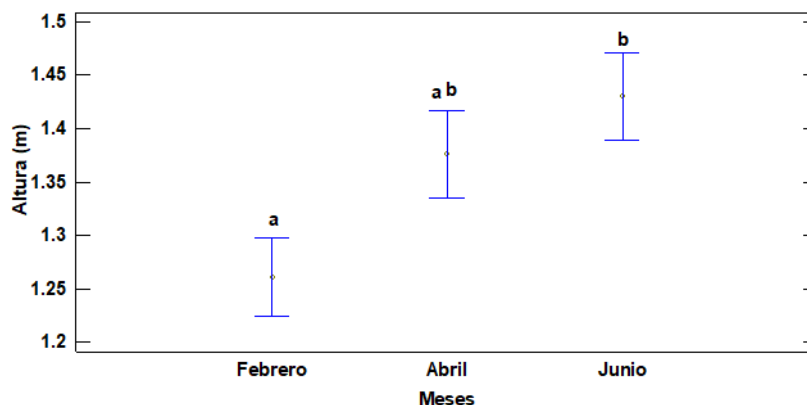


FIGURA 1. Diferencias estadísticas en la altura media de los brinzales entre los meses de monitoreo de *Laguncularia racemosa* (A.) Gaertn. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas.

De acuerdo con los requerimientos fisiológicos, la incidencia de luz y la disponibilidad de agua es posible que hayan influido en el crecimiento de las plantas durante el periodo evaluado. En la primera medición el suelo contenía humedad residual de las precipitaciones de invierno 2022 misma que se fue perdiendo al paso de los días al respecto hasta sequedad total, lo que llevo a muchos individuos por arriba del punto de marchitez permanente y finalmente murieron. En similar condición se registró la variación entre las plantas de monitoreo en un simulador de mareas. La salinidad del suelo y la competencia Inter e intraespecífica también son factores que influyen en el crecimiento de las plantas de esta especie (Monroy-Torres *et al.*, 2014), ya que a mayor concentración de sal para mangle blanco el incremento basal se ve afectado negativamente y las plantas podrían llegar a ser adultos con pocas expectativas (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2016).

Diámetro a la altura del pecho

El análisis de Kruskal Wallis indico diferencias estadísticas significativas ($p=1.06091E-10$) entre las medianas del diámetro a la altura de pecho (DAP) (cm) de los árboles de mangles blanco, evaluados en los meses de febrero, abril y junio). El valor promedio más alto de DAP del mangle blanco, se observó en mes de junio, seguido por el mes de abril. El valor mediano más bajo DAP se encontró en el mes de febrero (Tabla 2).

TABLA 2. Resumen Estadístico para DAP

Meses	Promedio (cm)	Mediana (cm)	Desviación n Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
Abril	0.37825	0.35014	0.120654	31.898%	0.159155	0.795773	0.636618
Febrero	0.285337	0.3	0.102487	35.9179%	0.127324	0.636618	0.509295
Junio	0.414629	0.381971	0.124032	29.9141%	0.159155	0.795773	0.636618
Total	0.359405	0.35014	0.127832	35.5676%	0.127324	0.795773	0.668449

En la figura 2 se puede apreciar el incremento del DAP del mangle con respecto a los meses evaluados. El contraste múltiple de Mann Whitney indico con letras diferentes diferencias significativas entre las medianas del DAP de mangle, de los diferentes meses evaluados. Los resultados son relevantes para la gestión y conservación de los manglares en esta área específica de Tabasco.

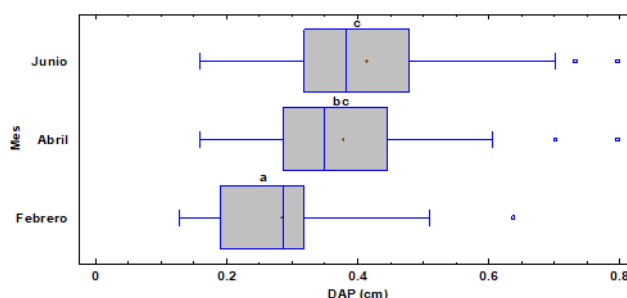


FIGURA 2.
 Diámetro a la altura del pecho media de los brinzales de *Laguncularia racemosa* (A.) Gaetn. en función de los meses de muestreo.
 Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.

Entender cómo el diámetro de los árboles varía a lo largo del tiempo proporciona información valiosa para evaluar la salud y el desarrollo de los manglares y tomar decisiones informadas sobre prácticas de manejo y conservación (González-Hernández *et al.*, 2016). Otras variables, como la altura y la densidad de la regeneración natural, también puede enriquecer la comprensión de la dinámica de los manglares y respaldar las estrategias de conservación y manejo sostenible de estos importantes ecosistemas costeros. Para Australia, en la costa oeste de North Stradbroke Island en Queensland, Vandegehuchte *et al.* (2014) estimaron el diámetro a la altura del pecho de *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh, con valores de la media de 0.19, 0.30 y 0.18 m, y *Rhizophora stylosa*, con valores de 0.18, 0.11 y 0.17 m. y para Indonesia, Hastuti y Hastuti (2018) registraron un valor de la media de 0.22 m, para *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh y de 0.04 m. para *Rhizophora mucronata* L.

Diámetro de copa

El análisis de Kruskal Wallis indico diferencias estadísticas significativas ($p=1.02171E-7$) entre las medianas del diámetro de copa (cm) de los árboles de mangle blanco, evaluados en los meses de febrero, abril y junio). El valor mediano más alto de diámetro de copa del mangle blanco se observó en mes de junio, seguido por el mes de abril. El valor mediano más bajo del diámetro de copa se encontró en el mes de febrero (Tabla 3).

TABLA 3.
 Resumen Estadístico para Copa

Meses	Promedio (cm)	Mediana (cm)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
Abril	41.8117	39.5	15.9155	38.0647%	18.5	94.0	75.5
Febrero	37.1753	34.5	15.6423	42.0772%	15.5	91.0	75.5
Junio	51.6039	46.0	18.1728	35.216%	22.0	110.0	88.0
Total	43.5303	40.0	17.6071	40.4479%	15.5	110.0	94.5

La variación en el tamaño promedio de la copa de los árboles de mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) a lo largo de los meses de febrero, abril y junio sugiere que hay factores ambientales y estacionales que influyeron en el desarrollo de la copa de estos árboles. Así mismo el contraste múltiple de Mann Whitney indico con letras diferentes diferencias estadística significativas entre las medianas del diámetro de copa del mangle, de los diferentes meses evaluados (Figura 3).

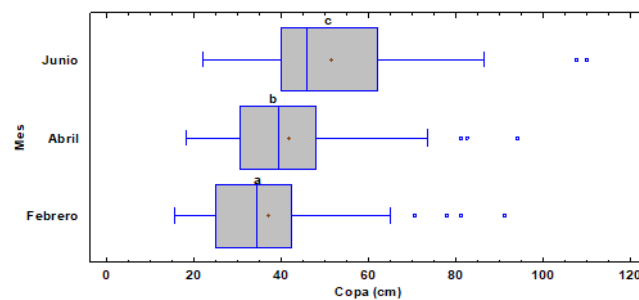


FIGURA 3.

Diámetro de copa media de los brinzales de *Laguncularia racemosa* (A.) Gray según los diferentes meses.

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.

El tamaño de copa, el color verde intenso y volumen de biomasa indica el estado de la planta como una respuesta a las condiciones del suelo en el cual se desarrolla y de la edad de las mismas (Saavedra-Romero *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2023). Estos factores pueden incluir la disponibilidad de luz solar, las condiciones de humedad y los patrones de crecimiento estacional. El tamaño de la copa es una característica importante que influye en la capacidad de los árboles de mangle para captar la luz solar y realizar la fotosíntesis (Gonzales Weil *et al.*, 2012). Además, puede estar relacionado con el desarrollo y la salud general de los árboles. Los valores de medición de copa obtenidos por mes se registraron valores de 41.81, 37.17 y 51.60 cm. Estos datos son similares a los obtenidos por Bernal *et al.* (2019), para Oaxaca donde se estimó el diámetro de copa para *Avicennia germinans*, donde durante la época de secas y lluvias, se obtuvieron valores de la media del diámetro de la copa de 42.02 y 49.79 respectivamente.

CONCLUSIONES

Estos hallazgos resaltan la importancia de entender y monitorear el comportamiento del mangle blanco a lo largo del año, ya que permiten desarrollar estrategias más efectivas para su manejo y conservación. La regeneración natural, influenciada por la competencia intra e interespecífica, así como por factores como la salinidad del suelo, es crucial para mantener la salud y funcionalidad de estos ecosistemas costeros. La información obtenida puede servir como base para la toma de decisiones informadas sobre prácticas de manejo sostenible, asegurando la conservación de los manglares y sus múltiples beneficios ecológicos y económicos para la comunidad local.

Los resultados revelaron diferencias significativas en el crecimiento de las plantas evaluadas en términos de altura, diámetro a la altura del pecho (DAP) y diámetro de copa, lo cual sugiere que factores estacionales y ambientales influyen notablemente en su desarrollo. Por lo que, el estudio confirma que la época seca tiene un impacto significativo en el crecimiento del mangle blanco, subrayando la necesidad de estrategias de manejo adaptativas que consideren las variaciones estacionales y ambientales para promover la resiliencia y sostenibilidad de los manglares en Tabasco y otras regiones similares.

Declaraciones

Fondos: Este estudio fue autofinanciado

Conflicto de interés: Los autores declaran que no tienen conflictos de interés.

Cumplimiento de estándares éticos: N/A

Contribuciones de los autores: Ambos autores: Conceptualización, Metodología, Redacción, Borrador Original, Revisión y Edición, Supervisión

Disponibilidad de datos: Los conjuntos de datos analizados en el presente estudio pertenecen a registros personales y no son de acceso público, pero están disponibles a través del autor correspondiente previa solicitud razonable

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, M. U., Alam, M. I., Debnath, S., Debrot, A. O., Rahman, M. M., Ahsan, M. N., & Verdegem, M. C. J. (2023a). The impact of mangroves in small-holder shrimp ponds in south-west Bangladesh on productivity and economic and environmental resilience. *Aquaculture*, 571, Article 739464. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739464>
- Ahmed, S., Sarker, S. K., Kamruzzaman, M., Ema, J. A., Naabeh, C. S. S., Cudjoe, E., & Pretzsch, H. (2023b). How biotic, abiotic, and functional variables drive belowground soil carbon stocks along stress gradient in the Sundarbans Mangrove Forest?. *Journal of Environmental Management*, 337, 117772. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117772>
- Asquith, N. M. (2002). La dinámica del bosque y la diversidad arbórea. pp. 377-406. En M. Guariguata & G. Kattan (Eds.). *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. Libro Universitario Regional. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- Aye, W. N., Tong, X. & Tun, A. W. (2022). Species diversity, biomass and carbon stock assessment of Kanhlyashay Natural Mangrove Forest. *Forests*, 13(7), 1-16. <https://doi.org/10.3390/f13071013>
- Barrios-Calderón, R. D. J., Mata, D. I., Flores-Garnica, J. G., Jong, B. H. J. D., Monzón Alvarado, C., & Maza-Villalobos Méndez, S. (2020). Análisis comparativo de camas de combustibles forestales en un ecosistema de manglar. *Madera y bosques*, 26(1), 1-18. <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2611950>
- Bernal, E. I. S., Escobar, H. M. O., Pérez, E. S. L., Chulim, A. C., Baranda, V. O., Escobar, M. A. C., & Villa, Ó. R. M. (2019). Interannual salinity in a coastal lagoon of Oaxaca, Mexico: Effects on growth of black mangrove. *Transylvanian Review*, 27(36), 9240-9256.
- Bolívar-Anillo, H. J., Anfuso, G., Chacón Abarca, S., Badillo Romero, M. D., Villate Daza, D. A., Serrano, M. C., Sánchez Moreno, H. (2020). Natural processes and human actuations: impacts on mangrove forests of South America. *Revista Costas*, 2(1): 211-232.
- Calderón, C., Aburto, O., Ecurra, E. (2009). El valor de los manglares. CONABIO. *Biodiversitas*, 82:1-16
- Carranza Ortiz, G., Gómez-Mendoza, L., Caetano, E., & Infante Mata, D. (2018). Vulnerability of human communities in Mexican mangrove ecosystems: an ecosystem-based adaptation approach. *Investigaciones geográficas*, Número 95. <https://doi.org/10.14350/rig.59502>
- Cisneros-de la Cruz D.J., J. A Herrera-Silveira, C. Teutli-Hernández, S.A Ramírez-García, A. Moreno-Martínez, J. Mendoza-Martínez, J. Montero-Muñoz, F. Paz-Pellat, R. M. Roman-Cuesta. (2021). Manual para la Medición, Monitoreo y Reporte del Carbono y Gases de Efecto Invernadero en Manglares en Restauración. Proyecto, Mainstreaming Wetlands into the Climate Agenda: A multi-level approach (SWAMP). CIFOR/CINVESTAVIPN/UNAM-Sisal/PMC, 90pp
- Di benedetto, A. y Tognetti, J. (2016). Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. *REVISIONES RIA*, 42(3), 258-282.
- Fonseca, A. C., Cortés, J., & Zamora, P. (2007). Monitoreo del manglar de Gandoca, Costa Rica (sitio CARICOMP). *Revista de biología tropical*, 55(1), 23-31.
- González-Hernández L., Sol-Sánchez A., Pérez-Vázquez A., Obrador-Olan J. J. (2016). Sobrevivencia y crecimiento de mangle negro (*Avicennia germinans* L.) en plantaciones reforestadas y regeneración natural. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(14), 2769-2782
- González-Weil, C. y Harms, U. (2012). Del árbol al cloroplasto: concepciones alternati-vas de estudiantes de 9º y 10º grado sobre los conceptos «ser vivo» y «célula». *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 31-52

- Hartoko, A., Rahim, A., & Latifah, N. (2022). Algorithms development of the field mangrove chlorophyll-a biomass, carbon based on sentinel-2a data at cawanisland, Sumatera, Indonesia. *Geographia Technica*, 17(2), 119-134. https://doi.org/10.21163/GT_2022.172.11
- Hernández Melchor G.I., Ruíz Rosado O., Sol Sánchez A. y Valdez Hernández J.I. (2016). Cambios de uso del suelo en manglares de la costa de Tabasco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14: 2757-2767
- Hernández-Félix, L., Molina-Rosales, D., & Agraz-Hernández, C. (2017). Servicios ecosistémicos y estrategias de conservación en el manglar de Isla Arena. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 14(3), 427-449.
- Herrera Villafranca, M., Guerra Bustillos, C. W., Sarduy García, L., García Hernández, Y., & Martínez, C. E. (2012). Diferentes métodos estadísticos para el análisis de variables discretas. Una aplicación en las ciencias agrícolas y técnicas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(1), 58-62.
- Hastuti, E. D., & Hastuti, R. B. (2018). Growth characteristics of mangrove seedling in silvofishery pond – the allometric relationship of height, diameter and leaf abundance. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 130, 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/130/1/012015>
- Hoyos, R., Urrego, L.E. & Lema, Á. (2013). Respuesta de la regeneración natural en manglares del Golfo de Urabá (Colombia) a la variabilidad ambiental y climática intraanual. *Revista de biología tropical*, 61 (3), 1445-1461.
- Meng, Y., Gou, R., Bai, J., Moreno - Mateos, D., Davis, C. C., Wan, L., & Lin, G. (2022). Spatial patterns and driving factors of carbon stocks in mangrove forests on Hainan Island, China. *Global Ecology and Biogeography*, 31(9), 1692-1706. <https://doi.org/10.1111/geb.13549>
- Monroy-Torres M., Flores-Verdugo F., Flores-de-Santiago F. (2014). Crecimiento de tres especies de mangle subtropical en respuesta a la variabilidad en el hidropériodo en un tanque experimental. *Ciencias marinas* (40):4. <http://dx.doi.org/10.7773/cm.v40i4.2455>
- Moreno F. L.P. (2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Agroonomía Colombiana* 27(2), 179-191.
- Pérez-Jiménez, G. M., Rivas-Acuña, M. G., León-Álvarez, D., Campos Campos, B., & Quiroz-González, N. (2020). Macroalgas de la laguna "El Carmen", Tabasco, México. *Acta botánica mexicana*, 127: Article e1606 <https://doi.org/10.21829/abm127.2020.1606>
- Peñaranda, M. L. P., Kintz, J. R. C., & Salamanca, E. J. P. (2019). Carbon stocks in mangrove forests of the Colombian Pacific. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, Article 106299*. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106299>
- Rodríguez-Rodríguez J. A., Mancera-Pineda J. E., Rodríguez-P. J.M. (2016). Validación y aplicación de un modelo de restauración de manglar basado en individuos para tres especies en la Ciénaga Grande de Santa Marta. *Caldasia* 38(2): 285-299. <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v38n2.55360>
- Saavedra-Romero L de L., Alvarado-Rosales, D., Hernández- R. P., Martínez-Trinidad T., Mora-Aguilera, G. y Villa-Castillo, J. (2016). Condición de copa, indicador de salud en árboles urbanos del Bosque San Juan de Aragón, Ciudad de México. *Madera y Bosques*, 22(2): 15-22. <https://doi.org/10.21829/myb.2016.2221321>
- Sánchez-Toruño, H. M., Porrás-Zuñiga, W., Marroquin-Morales, P., Pequeño-Ledezma, M. Á., Hernández-Sánchez, G., Montero-Flores, W., & Mesen-Montano, I. (2022). Análisis de cobertura en bosque secundario del Refugio Nacional Vida Silvestre Mixto Conchal, Costa Rica: Coverage analysis in secondary forest of the Conchal Mixed National Wildlife Refuge, Costa Rica. *Revista electrónica de ciencias biológicas y agropecuarias*. E-CUCBA, 19: 15-24. <https://doi.org/10.32870/ecucba.vi19.259>
- Silva López, G., Ruiz-Gómez, M. G., & Gómez Díaz, J. A. (2023). Dynamics of mangrove cover in the municipality of Alvarado, Veracruz, Mexico using a long time series. *Botanical Sciences*, 101(2), 358-373. <https://doi.org/10.17129/botsci.3093>
- Romero-Berny E. I., Santamaría-Damián S., Gómez-Ortega R. y Velázquez-Velázquez E. (2013). Una aproximación a las tasas de deforestación de los manglares en México. *Lacandonia* 7 (2) 51-58.
- Valverde-Otárola, J.C. y Arias, D. (2020). Efectos del estrés hídrico en crecimiento y desarrollo fisiológico de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. *Colombia Forestal*, 23(1), 20-34. <https://doi.org/10.14483/2256201x.14786>
- Vandeghechuchte, M. W., Guyot, A., Hubeau, M., De Swaef, T., Lockington, D. A., & Steppe, K. (2014). Modelling reveals endogenous osmotic adaptation of storage tissue water potential as an important driver determining

different stem diameter variation patterns in the mangrove species *Avicennia marina* and *Rhizophora stylosa*. *Annals of Botany*, 114(4), 667-676. <https://doi.org/10.1093/aob/mct311>

- Velázquez-Pérez, C., Tovilla-Hernández, C., Romero-Berny, E. I., & Jesús-Navarrete, A. D. (2019). Estructura del manglar y su influencia en el almacén de carbono en la Reserva La Encrucijada, Chiapas, México. *Madera y bosques*, 25(3), 1-14. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531885>
- Wang, D., Wan, B., Qiu, P., Zuo, Z., Wang, R., & Wu, X. (2019). Mapping height and aboveground biomass of mangrove forests on Hainan Island using UAV-LiDAR sampling. *Remote Sensing*, 11(18), Article 2156. <https://doi.org/10.3390/rs11182156>
- Winanti, W. S., Sudinda, T. W., Oktivia, R., Ihsan, I. M., Ikhwanuddin, M., Amru, K., Anjani, R & Aryantie, M. H. (2023). Barrier analysis to leverage the climate change mitigation-adaptation implementation action in mangrove forest and its surrounding community villages. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1201, Article 012062). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1201/1/012062>
- Zhang, R., Jia, M., Wang, Z., Zhou, Y., Mao, D., Ren, C., & Liu, X. (2022). Tracking annual dynamics of mangrove forests in mangrove National Nature Reserves of China based on time series Sentinel-2 imagery during 2016–2020. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 112, Article 102918. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102918>
- Zakaria, R., Chen, G., Chew, L. L., Sofawi, A. B., Moh, H. H., Chen, S., & Adibah, S. Y. S. N. (2021). Carbon stock of disturbed and undisturbed mangrove ecosystems in Klang Straits, Malaysia. *Journal of Sea Research*, 176, Article 102113. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2021.102113>