

IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS ECOSISTEMAS DEL MANGLAR DE LA CUENCA DEL GUA, MANZANILLO

Por Ing. **Robert Piñeiro Osoria***

* EES Geocuba Oriente-Sur. Agencia Granma, Cuba.
<https://orcid.org/0009-0008-3980-8660>
E-mail: osoriarobert999@gmail.com, robertpineiro999@gmail.com

Resumen

El continuo cambio climático ha provocado variaciones en el intercambio de agua dulce con la franja hidroreguladora de la zona costera incrementando la intrusión salina afectando directamente los manglares que son ecosistemas costeros de gran valor ecológico y socioeconómico.

Se resalta la necesidad de comprender y monitorear los procesos hidrológicos que sustentan a los manglares, con el fin de desarrollar estrategias efectivas de manejo y conservación para estos valiosos humedales costeros, especialmente en un contexto de cambio climático y presiones antrópicas.

La observación de la salinidad en los ecosistemas de manglar de la cuenca del Gua, Manzanillo, revela que las variaciones en la salinidad están estrechamente relacionadas con los ciclos de sequía y humedad. Durante los períodos secos, la salinidad aumenta debido a la reducción del agua dulce, lo que puede afectar el crecimiento de las especies de manglar. En contraste, los períodos húmedos favorecen la recuperación de estos ecosistemas, promoviendo la acumulación de materia orgánica y mejorando su salud y funcionalidad ecológica.

Este estudio, será el punto de partida que permitirá establecer un programa de monitoreo a largo plazo, que permita evaluar los cambios en los niveles de salinidad, flujos de agua dulce y respuesta de los manglares para comprender la dinámica del sistema; promover un enfoque de gestión integrada de los recursos hídricos que equilibre la necesidad del sistema e implementar programas de educación ambiental y sensibilización pública sobre su importancia y la necesidad de su conservación.

Palabras clave: Ecosistemas, mangles, biodiversidad, salinidad, protección.

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON MANGROVE ECOSYSTEMS IN THE GUA BASIN OF MANZANILLO

Abstract

Continuous climate change has caused variations in the exchange of freshwater with the hydro-regulatory strip of the coastal zone, increasing saline intrusion and directly affecting mangroves, which are coastal ecosystems of great ecological and socioeconomic value.

Understanding and monitoring the hydrological processes that sustain mangroves is essential for developing effective management and conservation strategies for these valuable coastal wetlands, especially in the context of climate change and anthropogenic pressures.

Salinity observations in the mangrove ecosystems of the Gua basin in Manzanillo reveal that variations in salinity are closely related to dry and wet cycles. During dry periods, salinity increases due to reduced freshwater availability, which can affect the growth of mangrove species. In contrast, wet periods favor the recovery of these ecosystems, promoting organic matter accumulation and enhancing their ecological health and functionality.

This study will serve as a starting point for establishing a long-term monitoring program to evaluate changes in salinity levels, freshwater flows, and mangrove responses, thereby understanding the system's dynamics. It will promote an integrated water resource management approach that balances the system's needs and implement environmental education and public awareness programs about the importance of mangroves and the necessity of their conservation.

Keywords: Ecosystems, Mangroves, Biodiversity, Salinity, and Protection.

I. Introducción

La cuenca del Gua en Manzanillo, Cuba, alberga ecosistemas de manglares que son de vital importancia ecológica y socioeconómica. Estos ecosistemas, que se desarrollan en la interfaz entre el agua dulce y el agua salada, desempeñan funciones esenciales como la protección costera, la regulación del ciclo del agua y el mantenimiento de la biodiversidad (Duke *et al.*, 2007). Sin embargo, el cambio climático ha comenzado a ejercer un impacto significativo en estos hábitats, provocando alteraciones en los patrones de salinidad, intrusión de agua salina y cambios en los flujos de agua dulce, lo que amenaza su integridad y funcionalidad (IPCC, 2021). Los manglares son particularmente vulnerables a los efectos del cambio climático debido a su localización en zonas costeras y a las presiones antrópicas, como la urbanización y la contaminación. Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2021), se estima que el aumento del nivel del mar y la intensificación de fenómenos meteorológicos extremos afectarán gravemente a los ecosistemas costeros, incluyendo los manglares. La pérdida de estos ecosistemas no solo compromete la biodiversidad, sino que también pone en riesgo los servicios ecosistémicos que proporcionan, fundamentales para la economía local, especialmente en áreas que dependen de la pesca y el turismo (Barbier *et al.*, 2011). Investigaciones previas han demostrado que la intrusión salina y las variaciones en los flujos de agua dulce son factores críticos que afectan la composición y salud de los manglares. Un estudio realizado en la región de Tumbes, Perú, reveló que las especies de manglares responden de manera significativa a los cambios en la salinidad y el aporte de agua dulce, sugiriendo que estos ecosistemas son altamente sensibles a las variaciones climáticas (Maza *et al.*, 2015). En el contexto cubano, la situación es similar, donde la interacción entre el cambio climático y las actividades humanas está llevando a una degradación acelerada de los manglares (Cruz *et al.*, 2019). Dada la creciente preocupación por los efectos del cambio climático en los ecosistemas costeros, es fundamental realizar un análisis exhaustivo de las dinámicas que afectan a los manglares de la cuenca del Gua. La intrusión salina y las alteraciones en los flujos de agua dulce no solo representan un desafío para la biodiversidad de estos ecosistemas, sino que también comprometen los servicios que brindan a las comunidades locales, como la pesca y la protección contra tormentas. A medida que las condiciones ambientales continúan cambiando, se vuelve imperativo comprender cómo estos factores interactúan y afectan la salud general de los manglares. Por lo tanto, esta investigación se centra en la hipótesis de que “el cambio climático, a través de la intrusión salina y la variabilidad en los flujos de agua dulce, está alterando la composición, estructura y funcionalidad de los ecosistemas de manglares en la cuenca del Gua, lo que a su vez afecta la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que estos humedales proporcionan a las comunidades locales.” Esta hipótesis guiará el análisis y la discusión de los resultados, permitiendo una comprensión más profunda de la situación actual y la formulación de estrategias adecuadas para la conservación y manejo de estos valiosos ecosistemas.

II. Desarrollo

Influencia del cambio climático en los manglares

El cambio climático está teniendo un impacto profundo en los ecosistemas de manglares en Cuba, donde su importancia radica en la protección de las costas y la biodiversidad marina. Los manglares cubanos, que cubren aproximadamente el 5 % de la superficie total del país y representan más del 50 % de sus costas, son esenciales para la mitigación de los efectos del cambio climático, actuando como barreras naturales contra fenómenos meteorológicos extremos, como huracanes y marejadas (Tocororo Cubano, 2023).

Aumento del nivel del mar

Una de las principales amenazas del cambio climático para los manglares cubanos es el aumento del nivel del mar. Este fenómeno ha sido identificado como la mayor preocupación para las zonas costeras del país, donde el ascenso del nivel del mar puede provocar la inundación de áreas de manglares, alterando su distribución y reduciendo su capacidad para actuar como barreras protectoras (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1998). Estudios han demostrado que, mientras las zonas playeras han sufrido un 61,7 % de erosión, las áreas cubiertas por manglares solo han experimentado un 11,89 % de erosión, destacando su papel protector (Tocororo Cubano, 2023).

Cambios en la Biodiversidad

El cambio climático también está afectando la biodiversidad de los manglares. Las alteraciones en los patrones de temperatura y precipitación pueden influir en la composición de especies, favoreciendo a aquellas más resistentes a condiciones de alta salinidad y estrés hídrico (Lara-Domínguez *et al.*, 2020). Por ejemplo, la salinidad del agua puede aumentar durante los períodos secos, lo que afecta negativamente a las especies de manglares que son sensibles a estas condiciones. Esto puede llevar a una disminución en la diversidad de especies y en la salud general del ecosistema.

Especies de mangle y características:

Mangle Rojo (*Rhizophora mangle*)

El mangle rojo es una especie emblemática que puede alcanzar alturas de hasta 35 metros. Se caracteriza por sus raíces en zancos, que le permiten estabilizarse en suelos anegados. Su corteza es delgada y de color gris a marrón, y sus flores son pequeñas, agrupadas, con pétalos amarillos y verdes. Produce frutos cilíndricos que se desarrollan como propágulos vivíparos, los cuales germinan mientras están aún adheridos al árbol madre. Esta especie es altamente resistente a la salinidad y se encuentra comúnmente en zonas intermareales (Duke *et al.*, 2007; Tovilla-Hernández & Orihuela-Belmonte, 2002).

Mangle Prieto (*Avicennia germinans*)

El mangle prieto puede alcanzar entre 5 y 15 metros de altura y es conocido por su capacidad para prosperar en suelos salinos y anegados. Sus hojas son estrechas y de color verde oscuro, y presenta raíces aéreas que emergen del tronco para obtener oxígeno en ambientes

inundados. Las flores son pequeñas y de color blanco a amarillento, y sus frutos son cápsulas que contienen semillas que germinan al caer al agua. Esta especie es fundamental para la estabilización del suelo y la protección costera (Comisión Nacional Forestal, 2018; Yanez-Espinosa & Flores, 2015).

Patabán (*Laguncularia racemosa*)

El patabán puede crecer hasta 10 metros de altura y se caracteriza por su tronco recto y corteza grisácea. Sus hojas son ovaladas y brillantes, y sus flores son pequeñas y blancas, agrupadas en racimos. Esta especie se adapta bien a condiciones de salinidad moderada y es común en áreas de transición entre agua dulce y salada. Sus frutos son drupas que contienen semillas que germinan al caer al suelo. El patabán juega un papel importante en la formación de hábitats para la fauna y en la protección de las costas (Duke *et al.*, 2007; Uribe & Urrego, 2011).

Llana (*Conocarpus erectus*)

La llana puede alcanzar hasta 15 metros de altura, con un tronco robusto y una corteza rugosa. Sus hojas son perennes, de forma elíptica y de color verde brillante. Esta especie es menos tolerante a la salinidad que otras especies de mangle, prefiriendo ambientes más frescos y húmedos. Las flores son pequeñas y de color blanco, y sus frutos son drupas que se dispersan fácilmente. La llana es esencial para la restauración de áreas degradadas y contribuye a la biodiversidad de los ecosistemas costeros (Comisión Nacional Forestal, 2018; Tovilla-Hernández & Orihuela-Belmonte, 2002).

Parámetros de resistencia

La salinidad es un factor crítico que afecta la salud y la resiliencia de los ecosistemas de manglar, que son vitales para la biodiversidad costera y la protección ambiental. Estos ecosistemas, ubicados en zonas intermareales, requieren una alta tolerancia a la salinidad, un fenómeno conocido como halofilia. Las especies de manglar han desarrollado adaptaciones específicas para sobrevivir en condiciones salinas tales como:

Mangle rojo (*Rhizophora mangle*)

- Salinidad: 32,08 ups (promedio en condiciones de revegetación)
- Temperatura: 20-35°C
- pH: 6,5-8,5

Mangle prieto (*Avicennia germinans*)

- Salinidad: 27,21 ups (valor más bajo en condiciones de revegetación)
- Temperatura: 20-35°C
- pH: 6,5-8,5

Patabán (*Laguncularia racemosa*)

- Salinidad: No se especifica un valor exacto, pero se encuentra en un rango similar al de *A. germinans*
- Temperatura: 20-35°C
- pH: 6,5-8,5

Llana (*Conocarpus erectus*)

- Salinidad: >25 ups
- Temperatura: 20-35 °C
- pH: 6,5-8,5

Determinación de la salinidad

Para guiarnos usamos los parámetros físico-químicos del agua del mar Caribe para luego hacer la comparación con los valores obtenidos en el campo y los permisibles por las especies de mangle presentes. Donde usaremos como parámetro fundamental los sólidos disueltos totales para determinar la salinidad (Alfaro Sandí *et al.*, 2021), (Neira, 2006), (Redalyc, 2019) (González *et al.*, 2017). Ver tabla 1.

Tabla 1. Característica físico-química del agua del Mar Caribe

Elementos	CE	HCO ₃	Cl	Ca	Mg	Na	K	SDT
Unidad de medida	µS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	g/L
Rango de valores	500-6000	<300	200-1500	20-300	5-100	50-100	1-50	30-35

El estudio de campo se llevó a cabo durante el período seco, que abarca los meses de noviembre a abril, en la cuenca Gua de Manzanillo. Durante este tiempo, los niveles de precipitación mensual se sitúan entre 30 mm y 80 mm, lo que refleja una notable variabilidad influenciada por el cambio climático. Este fenómeno ha provocado alteraciones en los patrones climáticos, extendiendo la duración del período seco y afectando los ecosistemas locales

Se lleva a cabo durante el período seco debido a que en la desembocadura de la cuenca se registran niveles de salinidad significativamente elevados. Estos niveles reflejan el máximo índice de salinidad anual, resultado de un bajo caudal de agua dulce que alcanza la zona de manglares. La escasez de precipitaciones durante esta época contribuye a la concentración de sales en el agua, ya que la falta de aporte hídrico limita la dilución de la salinidad en el entorno costero.

Se llevaron a cabo muestreos a diferentes profundidades en el ecosistema de manglar situado en la desembocadura del río Gua, con el objetivo de determinar los parámetros físico-químicos del agua en un entorno donde interactúan diversas especies de mangles. Los parámetros físico-químicos analizados incluyen la salinidad, el pH, la temperatura, la concentración de oxígeno disuelto y otros indicadores relevantes que permiten evaluar la calidad del agua. La variabilidad en estos parámetros a diferentes profundidades puede proporcionar información valiosa sobre la estratificación del agua y cómo esta afecta la distribución y el crecimiento de

las especies de mangles presentes en la zona. Basándonos en estos obtuvimos los siguientes resultados (tabla 2):

Tabla 2. SDT presente en el agua del manglar

Punto de muestreo en el manglar.				
Profundidad (m)	0	-0.5	-1	-1.2
SDT(mg/l)	836	2219	23280	25717

Los datos recopilados en el presente estudio fueron interpolados y analizados en conjunto con los resultados de investigaciones previas realizadas en la misma zona, con el fin de generar una visión integral sobre las condiciones de salinidad en el área de manglar estudiada. Este enfoque metodológico permite establecer tendencias y patrones espacio-temporales en la distribución de la salinidad, lo que es fundamental para comprender la dinámica del ecosistema y su respuesta a factores ambientales y antrópicos (tabla 3) y figura 1.

Tabla 3. Datos comparados

Categoría	Valores de salinidad(mg/l)	
	Máximos	Mínimos
Muestras	836	25717
Caribe	30000	35000
mangle	25000	32000

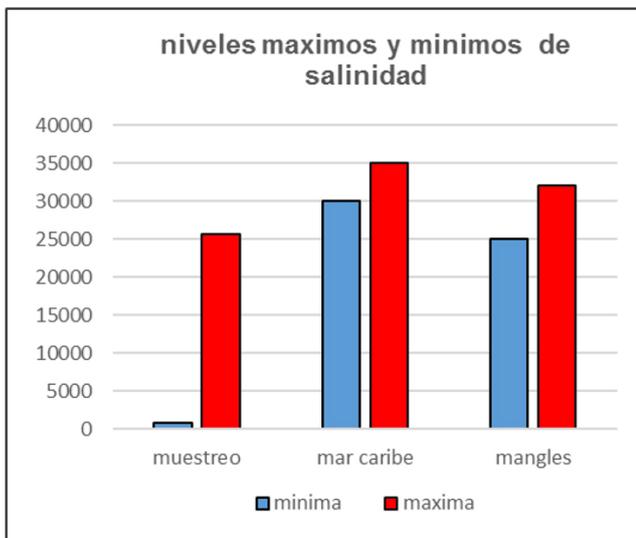


Fig. 1. Comparación de salinidad.

Los resultados presentados ofrecen información significativa sobre la salinidad en el estuario que alberga el ecosistema de manglares. A pesar de la ocurrencia de la etapa seca del ciclo hidrológico, el intercambio entre aguas dulces y saladas se mantiene en un equilibrio hídrico favorable, lo que facilita un desarrollo óptimo de las especies de mangles presentes en la zona. Esta condición no se manifiesta como un factor limitante para su crecimiento. Se observan valores máximos de salinidad a mayores profundidades, los cuales se encuentran dentro de los rangos permisibles y no alcanzan los niveles críticos que podrían comprometer la salud

y el desarrollo de los manglares. Este análisis indica que, a pesar de las condiciones de sequía, el sistema estuarino continúa siendo capaz de sostener la biodiversidad de manglares, gracias a la dinámica de intercambio hídrico que se establece en el estuario.

Durante el período de lluvias comprendido entre los meses de mayo y octubre, se registran precipitaciones medias de 167 mm, alcanzando hasta 845 mm en ciertos años. Este incremento en el caudal de agua durante la temporada húmeda favorece el intercambio hídrico en el ecosistema de manglares, proporcionando nutrientes esenciales y regulando la salinidad de las aguas en la zona. En este contexto, la salinidad varía significativamente, oscilando entre 1,1 g/L y 7,7 g/L. Este rango de salinidad indica una disminución aproximada del 30 % en la concentración de salinidad en comparación con el período seco. Esta reducción es crucial para el desarrollo óptimo de las especies de mangles, ya que la menor salinidad favorece su crecimiento y supervivencia, permitiendo que estos ecosistemas mantengan su funcionalidad y biodiversidad. El análisis de estos datos resalta la importancia del régimen de lluvias en la dinámica de los manglares, evidenciando cómo las variaciones estacionales en la salinidad influyen en la salud y resiliencia de estos ecosistemas costeros.

Efectos de los ciclos, su beneficio y estrategia de adaptación

La comparación entre el ciclo húmedo y el ciclo seco en los manglares es esencial para entender cómo estos ecosistemas se adaptan a las variaciones en la disponibilidad de agua y nutrientes a lo largo del año. En Cuba, el ciclo húmedo se desarrolla de mayo a octubre y se caracteriza por un aumento considerable en las precipitaciones, que pueden llegar hasta 845 mm en algunos años. En contraste, el ciclo seco, que abarca de noviembre a abril, presenta precipitaciones mucho más bajas, lo que puede afectar la salinidad y la salud general de los manglares (González *et al.*, 2019).

Efectos del Ciclo Húmedo

Durante el ciclo húmedo, el aumento del caudal de agua dulce debido a las lluvias favorece el intercambio hídrico en los estuarios donde se encuentran los manglares. Este fenómeno no solo aporta nutrientes esenciales, sino que también ayuda a regular la salinidad del agua. En esta época, la salinidad puede variar entre 1.1 g/L y 7.7 g/L, lo que representa una disminución significativa en comparación con los niveles más altos que se observan durante el ciclo seco (Pérez *et al.*, 2020). La reducción de la salinidad durante el ciclo húmedo es fundamental para el desarrollo de las especies de mangles, ya que muchas de ellas son sensibles a las altas concentraciones de sal. Esta condición permite un crecimiento óptimo y una mayor diversidad biológica, favoreciendo la presencia de diferentes especies de flora y fauna que dependen de estos ecosistemas (Rodríguez *et al.*, 2021).

Efectos del Ciclo Seco

Por otro lado, durante el ciclo seco, la disminución de las precipitaciones provoca un aumento en la salinidad del agua, que puede llegar a niveles que oscilan entre 30 y 35 ups. Esta elevación en la salinidad puede ser perjudicial

para los manglares, ya que muchas especies tienen un límite de tolerancia a la sal que, si se supera, puede afectar su crecimiento y supervivencia (González *et al.*, 2019). Además, la falta de agua dulce puede limitar la disponibilidad de nutrientes, impactando negativamente la productividad del ecosistema. El ciclo seco también puede generar condiciones de estrés hídrico en los manglares, lo que resulta en una menor tasa de crecimiento y una mayor vulnerabilidad a plagas y enfermedades. Esto puede llevar a una disminución de la biodiversidad y a una reducción en la capacidad del ecosistema para proporcionar servicios ambientales, como la protección costera y el almacenamiento de carbono (Pérez *et al.*, 2020).

Beneficios y estrategias de adaptación

La alternancia entre los ciclos húmedo y seco permite a los manglares desarrollar estrategias de adaptación que son clave para su supervivencia. Durante el ciclo húmedo, los manglares pueden maximizar la absorción de nutrientes y agua, mientras que, en el ciclo seco, algunas especies desarrollan mecanismos fisiológicos para tolerar condiciones de alta salinidad (Rodríguez *et al.*, 2021). La gestión sostenible de los recursos hídricos y la conservación de los manglares son fundamentales para asegurar que estos ecosistemas sigan desempeñando su papel vital en la protección de las costas y la biodiversidad. Implementar políticas que promuevan la restauración de los manglares y el manejo adecuado de las cuencas hidrográficas puede ayudar a mitigar los efectos adversos del cambio climático y la variabilidad estacional en estos ecosistemas (González *et al.*, 2019).

III. Conclusiones

Los ecosistemas de manglar ubicados en la cuenca del Gua en Manzanillo, a pesar de enfrentar los desafíos del cambio climático, han demostrado una notable resiliencia en cuanto a la salinidad.

Esto se debe en gran medida a un favorable intercambio hídrico entre el manglar y el medio circundante, lo que contribuye a mantener los niveles de salinidad del agua dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de las especies de manglar en la zona de estudio. La dinámica hidrológica equilibrada permite a las especies de manglar prosperar en condiciones de salinidad moderada. Estas especies han desarrollado adaptaciones fisiológicas que les confieren una alta tolerancia a la salinidad, como la excreción de sales a través de glándulas especializadas y la acumulación de compuestos osmoprotectores.

Además, la ubicación geográfica de la cuenca del Gua, protegida por la configuración costera y la presencia de barreras naturales, contribuye a mitigar los efectos de eventos climáticos extremos y la intrusión salina. Esto, sumado a la capacidad de las especies de manglar para regular la salinidad interna, permite el mantenimiento de condiciones favorables para su crecimiento y desarrollo.

Sin embargo, es importante destacar que, aunque la salinidad no representa un factor limitante en la actualidad, el cambio climático puede traer consigo alteraciones en los patrones de precipitación y el aumento del nivel del mar, lo que podría modificar la dinámica hídrica y la salinidad en el futuro. Por lo tanto, es crucial continuar monitoreando y estu-

diando estos ecosistemas para anticipar posibles cambios y desarrollar estrategias de adaptación y mitigación efectivas.

IV. Recomendaciones Monitoreo Continuo de la Salinidad y los Recursos Hídricos

Implementar un programa de monitoreo a largo plazo que evalúe los niveles de salinidad y la dinámica del intercambio hídrico en los ecosistemas de manglar. Esto permitirá identificar cambios en las condiciones ambientales y evaluar el impacto del cambio climático, facilitando la toma de decisiones informadas para la gestión del ecosistema.

Restauración y Reforestación de Manglares

Promover iniciativas de restauración y reforestación de áreas degradadas de manglares. La plantación de especies nativas y la recuperación de hábitats pueden mejorar la resiliencia del ecosistema frente a la intrusión salina y otros efectos del cambio climático, además de contribuir a la biodiversidad local.

Educación y Sensibilización Comunitaria

Desarrollar programas de educación ambiental y sensibilización dirigidos a las comunidades locales sobre la importancia de los manglares y su papel en la mitigación del cambio climático. Involucrar a la comunidad en actividades de conservación puede aumentar el apoyo y la participación en la protección de estos ecosistemas.

Gestión Integrada de Recursos Hídricos

Fomentar un enfoque de gestión integrada de los recursos hídricos que considere las necesidades de los manglares, así como las actividades humanas en la cuenca. Esto incluye la planificación del uso del suelo, la regulación de la extracción de agua dulce y la implementación de prácticas sostenibles que minimicen la contaminación y la alteración del hábitat.

Estas recomendaciones no solo contribuirán a la conservación de los manglares en la cuenca del Gua, sino que también fortalecerán su capacidad para adaptarse a los cambios ambientales futuros, asegurando su funcionalidad ecológica y socioeconómica.

V. Referencias bibliográficas

- Alfaro Sandí, J., Piedra-Marin, G., Saravia Arguedas, A. Y., & Piedra Castro, L. M. (2021). Evaluación de los parámetros físicos y químicos del agua de mar en los alrededores de la Isla Uvita, Limón, Costa Rica. Recuperado de <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/21703>.
- Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., & Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Economics*, 70(2), 203-213. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.11.003>.
- Cárdenas, S. I. (2012). *Tesis - Universidad Veracruzana*. Recuperado de <https://www.uv.mx/pozarica/mmefc/files/2012/10/SANDRA-IVONNE-CARDENAS-DEL-ALGEL.pdf>

- Comisión Nacional Forestal. (2018). *Manglar, riqueza de especies*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conafor/es/articulos/manglar-riqueza-de-especies?idiom=es>
- Cruz, M. A., González, J. A., & Pérez, A. (2019). Impacto del cambio climático en los ecosistemas de manglares en Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Ambientales*, 11(1), 45-56.
- Duke, N. C., Ball, M. C., & Ellison, J. C. (2007). Factors influencing biodiversity and distribution of mangrove flora. *Mangrove Ecosystems: A Global Perspective*, 1-29.
- Duke, N. C., Ball, M. C., & Ellison, J. C. (2007). *Factors influencing biodiversity and distribution of mangrove species*. In *Mangroves: A global perspective* (pp. 1-30).
- González, J., Rodríguez, M., & Pérez, J. (2017). Caracterización físico-química de las aguas costeras de Cuba: implicaciones para la gestión ambiental. *Ciencias Marinas*, 43(3), 321-334. <https://doi.org/10.7773/cm.v43i3.2531>.
- González, J., Rodríguez, M., & Pérez, J. (2019). Caracterización físico-química de las aguas costeras de Cuba: implicaciones para la gestión ambiental. *Ciencias Marinas*, 43(3), 321-334.
- 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. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- ITTO. (n.d.). *Conociendo los manglares y selvas inundables*. Recuperado de https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/3000/Technical/Conociendo%20los%20manglares%20y%20selvas%20inundables.pdf
- Maza, A. V., Gutiérrez, J. R., & Cárdenas, E. (2015). Respuesta de los manglares a la variabilidad climática en la región de Tumbes, Perú. *Revista de Biología Tropical*, 63(2), 123-135. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i2.15042>.
- Neira, M. (2006). Estudio hidrogeoquímico de las aguas subterráneas en el sur de México. Recuperado de https://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2006/neira_m/sources/neira_m.pdf.
- Pérez, A., Martínez, L., & Torres, R. (2020). Impacto de las variaciones estacionales en la salinidad de los manglares cubanos. *Revista de Ecología Tropical*, 56(2), 145-158.
- Redalyc. (2019). Indicadores de calidad físico-química de las aguas residuales del estado de Oaxaca. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/573/57363391013/57363391013.pdf>.
- Rodríguez, C., López, E., & Hernández, J. (2021). Estrategias de adaptación de los manglares ante el cambio climático en Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas*, 10(1), 23-34.
- Tovilla-Hernández, C., & Orihuela-Belmonte, E. (2002). *Reforestación de manglares en Chiapas*. Ra Ximhai, 7(3), 361-370.
- Uribe, M., & Urrego, J. (2011). *Gestión ambiental de los ecosistemas de manglar: Aproximación al caso colombiano*. Gestión y Ambiente, 59, 1-30.
- Yanez-Espinosa, L., & Flores, J. (2015). The Impact of Climate Change on Mangrove Forests. *Environmental Management*, 56(2), 1-10.

Conflicto de intereses: El autor declara que no existe ningún conflicto de intereses vinculados con la investigación presentada.

Contribución de los autores: Corresponden al autor.

Recibido: 2 de julio de 2024

Aceptado: 25 de julio de 2024