

Análisis de contribución de los ecosistemas de manglar para la adaptación y mitigación del cambio climático a través de su función de sumidero de carbono

Analysis of the contribution of mangrove ecosystems to climate change adaptation and mitigation through their function as carbon sinks

Carlos Antonio Villarreal

Departamento de Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias Naturales. Exactas y Tecnología,
Universidad de Panamá. Panamá
carlosantonio.villarreal@up.ac.pa
<https://orcid.org/0000-0001-5992-6121>

Pedro Argon Araúz Leones

Departamento de Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias Naturales. Exactas y
Tecnología, Universidad de Panamá. Panamá
pedro.arauz@up.ac.pa
<https://orcid.org/0000-0002-8133-3215>

Recibido: 12 de marzo de 2025 Aceptado: 15 de junio de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/3072-9629.9413>

Resumen

El cambio climático es un problema global que presenta una amenaza muy para la humanidad. Las actividades antropogénicas realizadas por el afán de satisfacer necesidades económicas, ya sea consciente o inconscientemente, han ocasionado la liberación de gases de efecto invernadero (GEI), entre los que se destacan: el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (NO₂), los cuales han causado un aumento sustancial en la temperatura promedio del planeta. Se estima que para el 2030, Centroamérica aún producirá menos de 0,5% de las emisiones de los gases de efecto invernadero del planeta; pero al mismo tiempo, ya es una de las regiones más vulnerables ante los embates del cambio climático. Enfatizando algunos aspectos sobre la variabilidad espacial que tiene el cambio climático a través del territorio nacional y, en especial, en zonas cercanas a los manglares. Allí podemos observar que las

temperaturas juegan un papel importante en la hidrodinámica de estos ecosistemas, considerando este parámetro vital en las actividades fisiológicas de las plantas, por lo que variaciones abruptas tendrían repercusiones en la ecofisiología de los mangles. El ser humano como tal tiene en sus manos parte de la responsabilidad por hacerle frente al cambio climático. Entre las labores que hacen al hombre una fuerza de acción ante este cambio, podemos mencionar: las investigaciones que se realizan cada día, la docencia ambiental que busca crear conciencia en aquellas personas que causa repercusiones negativas al ambiente, leyes y reglamentaciones que se consagran en pro de los derechos ambientales, medidas de mitigación, planes de ordenamiento territorial, estudios de impactos ambientales y medidas relevantes de conservación.

Palabras clave: cambio climático, dióxido de carbono, entomología, manglar, precipitación

Abstract

Climate change is a global problem that represents a serious threat to the human pation. The anthropogenic activities earned out by the desire to satisfy economic needs her consciously or unconsciously have caused the release of greenhouse gases (GHG) among which carbon dioxide (CO₂) methane (CH₄) and nitrous oxide (NO₂) which have caused a substantial increase in the average temperature of the planet. It is estimated that by 2030 Central America will still produce less than 0.5% of the world's emissions of greenhouse gases but at the same time it is already one of the region's most vulnerable to the onslaught of climate change Emphasizing some aspects of the spatial variability of climate change across national territory and especially in areas close to mangroves we can observe that temperatures play an important role in the hydrodynamics of these ecosystems, considering this vital parameter in the physiological activities of plants so abrupt variations would have repercussions on the ecophysiology of mangroves The human being as such has in his hands part of the responsibility of dealing with climate change Among the tasks that make man a force of action in the face of climate change we can mention the investigations that are carried out every day, the environmental teaching that seeks to create awareness in those people that causes negative repercussions to the environment, laws and regulations that are enshrined in favor of environmental rights. mitigation measures, land use planning plans, studies of environmental impacts and relevant conservation measures.

Keywords: carbon dioxide, climate change, entomology, mangroves, precipitation

Introducción

Con la llegada del cambio climático múltiples trabajos se han realizado con el fin de comprender la panorámica general que enmarca este fenómeno y cómo el mismo afecta al planeta. Múltiples autores coinciden en que el cambio climático tiene diversos componentes que actúan a diferentes escalas, siendo los más relevantes: cambios en el nivel medio del mar, eventos de inundaciones, tormentas tropicales precipitación pluvial, erosión costera, temperatura ambiente y del agua, concentración de anhídrido carbónico atmosférico, patrón de circulación litoral, integridad ecológica de ecosistemas e influencia social y económica asociada a los cambios climáticos (Yáñez, Arancibia et al., 2014). En Centroamérica los múltiples impactos previstos en la población y en los sectores productivos muestran como este evento crece como problemática de esta región al punto de que en términos fiscales constituye un pasivo público contingente que afectará las finanzas públicas de los gobiernos por varias generaciones (Mora et al., 2010).

Es importante mencionar que las actividades antropogénicas realizadas por el afán de satisfacer necesidades económicas, ya sea conscientes o inconscientemente ocasionado la liberación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), entre los que destacan dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el ácido nitroso (NO_2), los cuales han causado un aumento sustancial en la temperatura promedio del planeta Se estima que para 2030 Centroamérica aún producirá menos de 0,5% de las emisiones de los gases de efecto invernadero del planeta, pero al mismo tiempo ya es una de las regiones más vulnerables ante los embates del cambio climático (Mora et al, 2010) por lo que una medida de mitigación sobre los gases invernaderos es necesaria. En este contexto, uno de los ecosistemas más afectados por la actividad antrópica, resulta ser un buen almacenador de CO_2 (uno de los gases de efecto invernadero), siendo este ecosistema los bosques de manglar, los cuales absorben anualmente una cantidad enorme de

carbono y lo depositan no solo en sus hojas y ramas, sino también en sus raíces y el suelo (*Wetlands International*, 2017).

Los bosques de manglares están considerados entre los ecosistemas más vulnerables de la banda tropical/subtropical del planeta y sometidos a tensores ambientales diversos en la interface continente/océano (Twilley y Day, 2013), Razón por la cual se han realizado múltiples estudios en estas temáticas Yáñez-Arancibia et al., 2014, muestra aproximadamente 100 publicaciones que relacionan el ecosistema de manglar, sus componentes estructurales y funcionales y los procesos ecológicos, con los efectos del cambio climático, lo cual permite avanzar en la comprensión ecosistémico de la correlación resiliencia/cambio climático" hacia un manejo ecosistémico integrado de este recurso natural costero tropical. En Panamá, instituciones como *Wetlands International* trabaja en conjunto con el PNUD, las autoridades nacionales y Conservación Internacional estudiando diversos aspectos en la cuantificación del carbono que pueden absorber los bosques de manglar y así poder establecer planes de manejos para estas reservas y sumideros de carbono que no solo sirven como entes mitigantes del cambio climático, sino que aportan también con diversos servicios ecosistémicos.

Debido a la importancia que tienen los manglares y la relevancia que toman los estudios relacionados a como mitigar los efectos del cambio climático, este estudio busca controlar con aspectos relevantes en los últimos años en cuanto a la utilización e importancia de manglares como entes mitigantes del cambio climático en Panamá.

Materiales y Métodos

Se ha investigado uno de los causantes de afectación de los manglares corroborando sitios de información citada tomando en las búsquedas sistemáticas de información utilizando como palabras claves: manglares, cambio climático, captación de CO₂,

manglares en Panamá y efecto invernadero. Se emplearon artículos científicos y divulgativos especialmente noticias de periódicos locales encontrados con los motores de búsqueda como Google Académico y *Microsoft Academic*, así como también la plataforma de *ResearchGate*.

Con este informe se busca orientar y despertar el interés por conservar y proteger el recurso Mangle que nos proporcionan oxígeno y que juega un papel muy importante, económica y ecológicamente, estos aspectos no pueden separarse sin perjuicio para la zona costera por lo cual se hace necesario su estudio.

Resultados y Discusión

Los recursos ecosistémicos presentan elementos importantes para las zonas costeras de manglares siendo unos de los que brindan servicios ambientalista a nivel mundial y su importancia desde la perspectiva socioeconómica, cuyas particularidades básicas se podrían resumir de la siguiente manera:

- (a) Son formaciones boscosas.
- (b) Crecen en los litorales marinos,
- (c) Están sujetos a la acción de las mareas.
- (d) Son considerados como ecosistemas altamente productivos y
- (e) Posee bienes y prestan servicios que el hombre aprovecha de manera permanente.

Los manglares de Panamá almacenan y absorben anualmente cantidad enorme de carbono y lo depositan no solo en sus hojas y ramas sino también en sus raíces y el suelo.

Adaptaciones Morfológicas del Manglar

- **Adaptaciones de la hoja a condiciones salinas:** Muchas especies de mangle tales como el mangle gris y el manglar del río, tienen hojas con glándulas que excretan sal. Algunas especies como el mangle gris también puede tolerar el almacenamiento de grandes cantidades de sal en sus hojas que se descartan cuando la carga de sal es demasiado alta. Los manglares también pueden restringir la apertura de las estomas (estos son pequeños poros a través de la cual el dióxido de carbono y vapor de agua se intercambian durante la fotosíntesis). Esto permite que el manglar conserve el agua fresca, una habilidad vital para su supervivencia en un ambiente salino y son capaces de convertir sus hojas para reducir la superficie de la hoja expuesta al sol. Esto les permite reducir la pérdida de agua por evaporación.
- **Adaptaciones de la raíz a suelos salinos con poco oxígeno:** Una característica distintiva de los manglares es su gran alcance, las raíces expuestas. Si bien estas raíces vienen en diversas formas y tamaños, todos ellos desempeñan una importante función apoyo estructural en los suelos blandos. Algunas especies de manglares tienen neumatóforos, que son las raíces sobre el suelo. Estos están llenos de tejido esponjoso y salpicado de pequeños orificios que ofrecen apoyo estructural y permiten que el oxígeno se transfiera a las raíces atrapadas bajo tierra en condiciones anaeróbicas y con suelos productores de metano con valores anuales de 157.32 mg/m² dependiendo de las condiciones de temperatura del suelo, nivel y conductividad del agua, de las lluvias o de las condiciones de la temporada seca o lluviosa (Lekphet, et al, 2005).

Las raíces de muchas especies de manglares también se adaptan para detener la ingesta de una gran cantidad de la sal del agua antes de llegar a la planta. Por otro lado, resulta interesante la comunidad de microorganismos de la rizófora de los manglares, los cuales ayudan a fijar el nitrógeno y solubilizar el fosfato para una mejor nutrición y crecimiento de los jóvenes y adultos (Galindo et al., 2006).

- **Adaptaciones reproductivas al medio ambiente de marea:** Algunas especies de mangle han evolucionado para producir semillas que flotan. La marea actúa como método de dispersión para evitar el hacinamiento de las plantas jóvenes. Otras especies de mangle son vivíparos. Ellos conservan sus semillas hasta después de que han germinados y los propágulos cilíndricos se han formado. Cuando han madurado en esta etapa, el árbol madre lo lanza en el agua, donde permanecen latentes hasta que encuentran el suelo y son capaces de establecer sus raíces. Sin embargo, el manglar ha tenido que adaptarse físicamente en base a sus hojas, sus raíces y sus métodos de reproducción con el fin de sobrevivir en un medio hostil, dinámica de suelos blandos, con poco oxígeno y la salinidad variable. A pesar de las de las muchas riquezas que nos brinda el manglar el ser humano aún no ha sido capaz de reconocer el valor de estos ecosistemas que día a día se ha encontrado en una lucha constante por las actividades humanas destruyendo su hábitat y la contaminación que ha afectado la capa de ozono sintiéndose aún más el calor.

Definitivamente, el cambio climático ha jugado un papel importante a lo largo de los últimos años en Panamá. Entre las repercusiones más destacadas observamos las variaciones en la temperatura y pluviosidad a lo largo del país.

Enfatizando algunos aspectos sobre la variabilidad espacial que tiene al cambio climático a través del territorio nacional y en especial en zonas cercanas a los manglares podemos observar que las temperaturas juegan un papel importante en la hidrodinámica de estos ecosistemas, considerando este parámetro vital en las actividades fisiológicas de las plantas, por lo que variaciones abruptas tendrían repercusiones en la eco fisiología de los mangles.

Yenny Caballero, periodista de TVN Noticias, menciona en una nota en 2017 que la mortalidad de los manglares en la Bahía de Panamá en algunas zonas ha alcanzado un 70% y que científicos de Panamá y otros países estaban sumamente interesados en investigar sobre las posibles causas de estos eventos. Observamos que cada vez se hace más popular en los medios de comunicación los temas relacionados a manglares y es que con el evidente cambio climático, estos ecosistemas han sido afectados, resaltando también el largo historial antropogénico que han tenido y que ponen en riesgo su salud como ecosistema marino-costero

La pluviosidad con el cambio climático también presenta grandes variaciones a través del año. Las fuertes lluvias que se generan producto de estas variaciones presentan afectaciones a las zonas aledañas manglares y es que en aquellas zonas en donde los manglares son talados, termina inundadas tras eliminar una fuerte barrera natural. De igual forma las zonas en donde se construyen rellenos sobre manglares, terminan hundiéndose como por ejemplo Costa del Este en el 2015, que produjo daños masivos a varios inmuebles (Simmons, 2015).

El ser humano como tal tiene en sus manos parte de la responsabilidad del cambio climático que para muchos autores a pesar de no causarlo unguimos como catalizadores de este, acelerando este proceso, por los eventos antrópicos que cometemos. Gracias a nuestras acciones como: mal manejo de desechos, deforestación, contaminación

excesiva, contaminación química entre otras, podemos argumentar que el Homo sapiens es una especie que unge como fuerza negativa ante las acciones necesarias a realizar para combatir el cambio climático no obstante muchos esfuerzos se realizan para hacer frente a la realidad.

Entre las labores que hacen al hombre una fuerza de acción ante el cambio climático podemos mencionar: las investigaciones que se realizan cada día, la docencia ambiental que busca crear consciencia en aquellas personas que causan repercusiones negativas al ambiente, leyes y reglamentaciones que se consagran en pro de los derechos ambientales, medidas de mitigación, planes de ordenamiento territorial, estudios de impactos ambientales y medidas relevantes de conservación.

Conociendo la panorámica general que pasan los ecosistemas de manglar ante los eventos antropogénicos negativos y los constantes impactos que generan el cambio climático podemos mencionar que científicos panameños de instituciones como a Universidad de Panamá, SENACYT e instituciones internacionales provenientes de países como Alemania y Estados Unidos, estudian cada vez más los ecosistemas de manglar siendo conscientes de su importancia. Estudios en Entomología (herbivoría de insectos), medición de dióxido de carbono, hidrología, fauna acuática, y otros son necesarios para la comprensión de estos ecosistemas. De igual forma instituciones como el Ministerio de Ambientes y Fundaciones Ambientales cada vez toman más participación en cuanto a formular iniciativas de conservación de los manglares panameños, esto lo apreciamos en la lectura con cada una de las acciones que se muestran en cuarto a los estudios que se realizan en Chiriquí y Darién principalmente (*Wetands International*).

En los puntos anteriores, hemos mencionado como el cambio climático ha influido en las variaciones de la temperatura y la pluviosidad, afectando la eco fisiología de los manglares y como al ser talados, surgen afectaciones al humano por inundaciones y

hundimiento de relleno, no obstante estos no son los únicos indicadores que muestran como el cambio climático está teniendo un impacto en los bosques de manglar y en otros ecosistemas naturales en todo el territorio nacional, de igual forma también en zonas urbanas y ciudades.

Entre los indicadores que percibimos con la llegada del cambio climático en cuanto a las variaciones de temperatura, notamos un incremento de estas. así como la prolongación de épocas secas específicamente en áreas cercanas al arco seco de Panamá, región la cual se encuentra principalmente en la zona central del país y abarca parte de las provincias de Coclé, Herrera, Los Santos y Veraguas en la Costa Pacífica y es la zona que alberga las mayores de las afectaciones por sequías extremas que hasta el 2015 reportaban 1200 reses muertas, así como grandes pérdidas económicas en el sector agrícola (Cedeño, 2015).

Finalmente, otro de los indicadores que mencionó en este texto van enfatizados a las variaciones en la pluviosidad, las cuales han generados diferentes repercusiones a la sociedad, entre las que destacamos, inundaciones, deslaves de tierra. hundimientos en los rellenos, etc.

Este punto es sumamente interesante e importante, menciono como investigador que realizó en su momento un pequeño ensayo sobre la importancia que tiene el estatus de área protegida en la conservación, que todo aquel recurso que no posea una regulación legal se verá afectado enormemente por eventos antropogénicos, por ende, las normas legales implementadas para garantizar la subsistencia de dichos recursos son necesaria.

Se han implementado diversas iniciativas como reuniones y capacitaciones por partes de autoridades panameñas como el Ministerio de Ambiente, Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá y otras instituciones afines con el fin de encontrar soluciones efectivas que salvaguarden los manglares panameños. El eje central de la lectura

asignada "Manglares de Panamá para la adaptación y mitigación del cambio climático" menciona como diversas iniciativas se han tomado para garantizar la protección de estos ecosistemas marino-costeros, fortaleciendo las capacidades de un grupo de gestores en la conservación a nivel nacional aplicándose principalmente en las 70,177 ha de manglares del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), en las Zonas Especiales de Manejo Marino-costero y en los manglares sin estatus de manejo.

Adicionalmente este grupo de especialistas trabaja con micro proyectos en las comunidades, comunican y sensibilizan con el apoyo de distintas ONG en temas relacionados a la utilización de manglares frente al cambio climático (*Wetlands International*, 2017).

Conclusión

Queda claro que el cambio climático es un evento continuo que afecta diversos engranajes en cualquier región, desde ecosistémicos hasta económicos, también es un hecho que los eventos antropogénicos causados al ambiente hacen que el impacto del cambio climático traiga consigo afectaciones a nuestro entorno. La lectura "Manglares de Panamá para la adaptación y mitigación del cambio climático" data de la utilización de los manglares como almacenadores de CO₂ y así, mitigar efectos del cambio climático. Esta lectura deja como conclusión 3 aspectos importantes:

- 1) Los manglares tienen utilidad frente al cambio climático, lo que no solo debe garantizar su rol e importancia en nuestro entorno, sino que refleja la necesidad de su conservación,
- 2) Se están realizando diversas actividades e iniciativas para la protección de estos valiosos ecosistemas que muestran una panorámica desfavorable ante los eventos antropogénicos como la tala.

3) Cada vez existe más popularización temática en la web, periódicos, artículos divulgativos y científicos que muestran que la protección de estos ecosistemas marino-costeros toma relevancia.

Bibliografía

- Caballero, Y. (2017, 21 de septiembre). *Manglares de Panamá al borde de la muerte*. TVN Noticias. https://www.tvn-2.com/nacionales/manglares-panama-borde-muerte_0_4852764797.html
- Cedeño, I. (2015, 12 de agosto). El Gobierno analiza racionar el agua potable en Azuero. *La Estrella de Panamá*. <http://laestrella.com.pa/panama/nacional/gobierno-analiza-racionar-agua-potable-Azuero/23886368>
- Díaz Gaxiola, J. M. (2011). Una revisión sobre los manglares: Características, problemáticas y su marco jurídico. Importancia de los manglares, el daño de los efectos antropogénicos y su marco jurídico: caso sistema lagunar de Topolobampo. *Ra Ximhai*, 7(3), 355-366. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46121063005>
- Mora, J., Ramírez, D., Ordaz, J., Acosta, A. y Serna, B. (2010). *Panamá: Efectos del cambio climático sobre la agricultura*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/25920-panama-efectos-cambio-climatico-la-agricultura>
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2010). *Fortalecimiento de la capacidad técnica de la Unidad Ambiental, por medio de la Elaboración de guías para evaluación de Impacto ambiental* (pp. 1-225). [Nota: Se recomienda citar a la institución responsable si es un documento técnico].

- Simmons, R. (2015, 29 de abril). Hundimiento en Costa del Este. *La Prensa*.
https://www.prensa.com/sociedad/Municipio-Urbanismo-Costa-Este_0_4198080363.html
- Twilley, R. R. y Day, J. W. (2013). Mangrove Wetlands [Humedales de manglar]. En J. W. Day, B. C. Crump, W. M. Kemp y A. Yáñez-Arancibia (Eds.), *Estuarine Ecology* (2.^a ed., pp. 165-202). Wiley-Blackwell.
- Wetlands International. (2017, 24 de febrero). *Manglares de Panamá para la adaptación y mitigación del cambio climático*. <https://lac.wetlands.org/caso/manglares-panama-la-adaptacion-mitigacion-del-cambio-climatico/>
- Yáñez-Arancibia, A., Day, J. W., Twilley, R. R. y Day, R. H. (2014). Manglares: Ecosistema centinela frente al cambio climático, Golfo de México. *Madera y Bosques*, 20(3), 39-75. <https://doi.org/10.21829/myb.2014.203151>