



Recomendaciones para la conservación de los estuarios y restauración de los manglares de Centroamérica y Sudamérica

Autores

Edgardo Díaz-Ferguson, Luisa F. Echeverría-King, Branislav Pantović, Johanna Segovia, Yaní Aranguren, Ernesto Brugnoli, Pablo Muñoz, Andrea Weiler, Eric Flores de Gracia, Álvaro Morales Ramírez, Eloisa Lasso, Joel Sánchez-Gallego, Karly Urriola-García, Rodrigo Sant Ana, Sofía Zapata, Andrea Cancela da Cruz, Anabella Vásquez Fábrega, Claudia Alarcón-López, Marcella Ohira



Las opiniones y recomendaciones expresadas en este informe son de los autores y no representan de ninguna manera las de COIBA AIP, SENACYT, Diplocientífica o del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI) ni sus Estados miembros. Las denominaciones empleadas y la presentación del material en los mapas no implican la expresión de opinión alguna por parte de las instituciones involucradas con respecto al estatus legal de ningún país, territorio, ciudad o área o de sus autoridades, ni en lo que respecta a la delimitación de sus fronteras o límites. El informe se emite solo para fines de información pública y no es un texto oficial de COIBA AIP, SENACYT, Diplocientífica ni del IAI en ningún sentido legal o técnico.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia CC BY-NC-SA 4.0, que permite su uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, únicamente con fines no comerciales, siempre que la obra original esté debidamente acreditada. Se recomienda citar este documento de la siguiente manera:

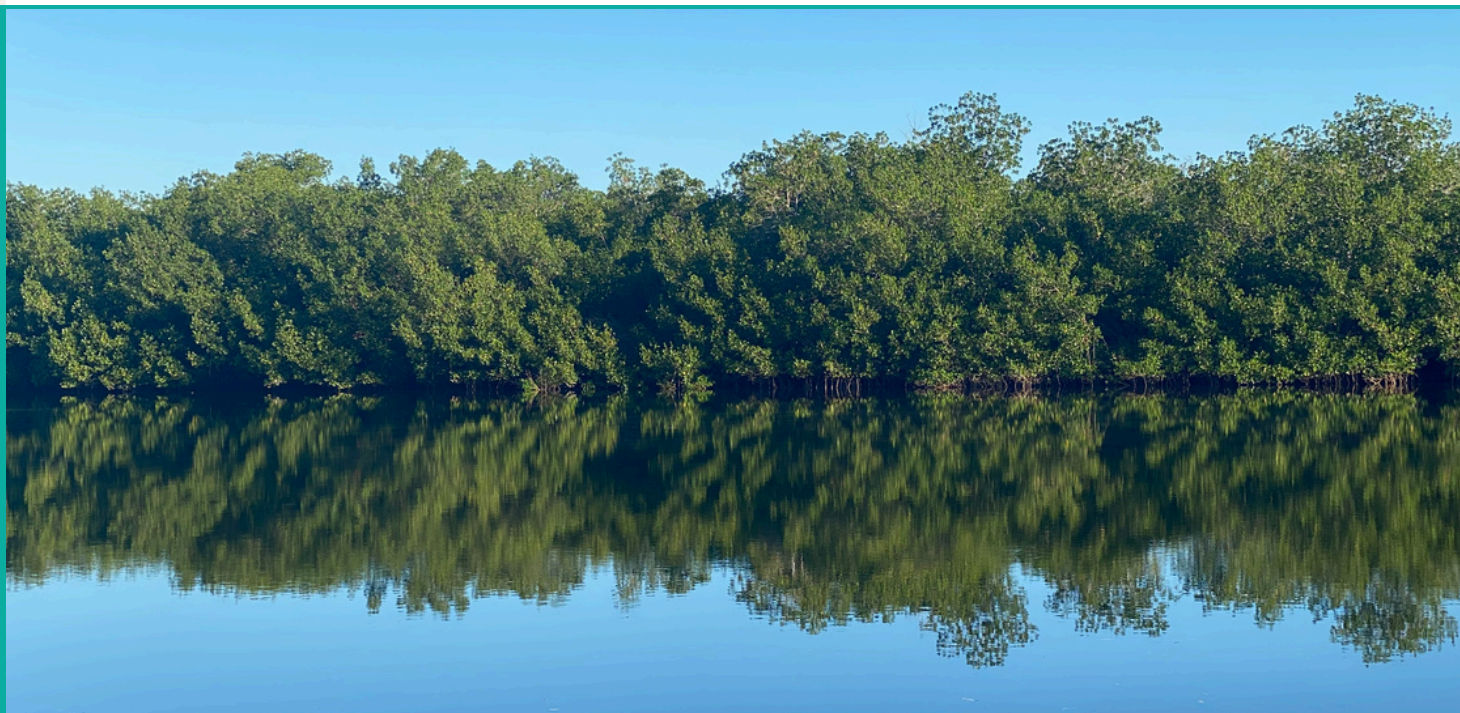
Díaz-Ferguson, E. et al. (2024). Recomendaciones para la Conservación de los Estuarios y Restauración de los Manglares de Centroamérica y Sudamérica. Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global.

RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS ESTUARIOS Y RESTAURACIÓN DE LOS MANGLARES DE CENTROAMÉRICA Y SUDAMÉRICA

Edgardo Díaz-Ferguson^{1}, Luisa F. Echeverría-King², Branislav Pantović³, Johanna Segovia⁴, Yani Aranguren², Ernesto Brugnoli⁵, Pablo Muniz⁵, Andrea Weiler⁶, Eric Flores de Gracia¹, Álvaro Morales Ramírez⁷, Eloisa Lasso¹, Joel Sánchez-Gallego¹, Karly Urriola-García⁸, Rodrigo Sant Ana⁹, Sofía Zapata¹⁰, Andrea Cancela da Cruz¹⁰, Anabella Vásquez Fábrega¹¹, Claudia Alarcón-López³, Marcella Ohira³*

RESUMEN EJECUTIVO

El presente white paper resalta la importancia crítica de los estuarios y manglares en Centroamérica y Sudamérica, destacando su rol en la biodiversidad, regulación climática y protección costera. Estos ecosistemas, fundamentales para la captura de carbono y la mitigación del cambio climático, enfrentan amenazas como el cambio climático, la contaminación y la urbanización. Basado en un taller de diplomacia científica impartido en Panamá en 2024, se ofrecen recomendaciones para políticas públicas enfocadas en la conservación y restauración de estos hábitats. Propone implementar programas de conservación, monitoreo de biodiversidad, gestión hídrica, reducción de contaminación y protección de especies vulnerables. Además, destaca la necesidad de actividades sostenibles, inversión en investigación, educación pública y gobernanza inclusiva, así como la cooperación transfronteriza y la participación activa de las comunidades locales. Se incluyen estudios de caso del Archipiélago de Coiba en Panamá y el Golfo de Nicoya en Costa Rica, ejemplificando estrategias exitosas de manejo sostenible. Este marco integral pretende guiar a los tomadores de decisiones en la implementación de estrategias sostenibles para enfrentar los desafíos ambientales y asegurar la salud y resiliencia de los estuarios y manglares en Centroamérica y Sudamérica.



Fotografía por Johanna Segovia

¹ Estación Científica COIBA, Panamá.

² Universidad Simón Bolívar, Colombia.

³ Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global.

⁴ Universidad Francisco Gavidia, El Salvador.

⁵ Universidad de la República, Uruguay.

⁶ Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.

⁷ Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

⁸ Universidad Marítima Internacional de Panamá, Panamá.

⁹ Universidad de Vale do Itajaí, Brasil.

¹⁰ Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación de Chile, Chile.

¹¹ Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Senacyt), Panamá.

* Autor correspondiente: ediaz@coiba.org.pa

Introducción

Los ecosistemas estuarinos, incluidos los manglares y los bosques de galería, son fundamentales para mantener la biodiversidad y actuar como reguladores naturales del clima.

Los manglares y estuarios capturan carbono, reciclan nutrientes y protegen las costas de las mareas de tempestades reduciendo el riesgo de inundaciones y garantizan la seguridad alimentaria de las comunidades costeras filtrando los contaminantes. Sin embargo, estas zonas vitales están amenazadas por efectos del Cambio Climático, cambio de uso de suelo, contaminación, especies alóctonas, degradación de hábitat, la falta de planificación urbana y las presiones industriales. La pérdida de estos hábitats no sólo merma la biodiversidad y sus valores, sino que también debilita nuestra capacidad para combatir y mitigar el Cambio Climático (Malhi et al., 2020; Neugarten et al., 2024). Es por ello que los ecosistemas marino-costero (incluyendo los estuarios y en particular sus manglares) son los principales responsables de todo el carbono biológico capturado de los océanos azules, y de ahí su nombre carbono azul (Nellemann y Corcoran, 2009). Manteniendo los manglares sanos y rehabilitando las zonas degradadas, podemos maximizar el potencial de captura de carbono esencial para las estrategias climáticas nacionales. Por lo tanto, la conservación, restauración, el seguimiento y la salvaguardia de estos ecosistemas de carbono azul deben ser prioritarias. La adopción de estas medidas ofrece una solución climática natural y escalable que puede repercutir significativamente en la salud medioambiental tanto nacional como regional (Bernardino, 2016).

Estos ecosistemas son indicadores de los cambios oceanográficos costeros producidos por el Cambio Climático, el cuál se define como "cambio atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global". Estos procesos se han intensificado también debido a una mayor frecuencia y magnitud de El Niño-La Niña (Muniz et al. 2019; Cai et al, 2015). Dos tercios de la población humana habitan en zonas costeras. Por lo tanto, las personas que habitan en estuarios podrían aprovechar servicios ecosistémicos como la educación, el turismo científico, las actividades recreativas, la cultura y la historia de esta zona (Booi et al., 2022; Echeverría-King, 2024). Además de estos beneficios, las poblaciones humanas cercanas a las zonas de estuarios son vulnerables a las catástrofes naturales y a los factores antropogénicos inherentes a la urbanización, como la contaminación, la sedimentación, la escorrentía de nutrientes, los microplásticos, los pesticidas, los metales pesados y los hidrocarburos (Woodroffe, 2021).

Los manglares ofrecen una amplia gama de bienes y servicios ambientales, culturales y de identidad y conocimiento indígena que no tienen un valor de mercado explícito (intangible) (Barbier et al., 2011; Booi, Mishi y Andersen, 2022), lo que hace necesario utilizar técnicas de valoración económica para entender su contribución a la economía.

Aunque se han realizado varios estudios para calcular el valor económico de los manglares, especialmente en términos de protección a las pesquerías comerciales, se ha prestado poca atención a la importancia de la organización social en esta valoración económica (Sanjurjo et al., 2005).



Fotografía por Johanna Segovia

OBJETIVO

El objetivo de este whitepaper es proporcionar recomendaciones de política pública dirigidas a la conservación y restauración de estuarios y manglares en Centroamérica y Sudamérica. Basado en las discusiones y colaboraciones realizadas durante un taller de diplomacia científica en Panamá, este documento busca ofrecer un marco integral que guíe a los responsables de políticas y a los investigadores en la implementación de estrategias sostenibles para la gestión y protección de estos ecosistemas vitales, abordando dimensiones críticas como la ecología marina, interacciones ecosistémicas, servicios ecosistémicos, comunidad y gobernanza, y planificación espacial marina.

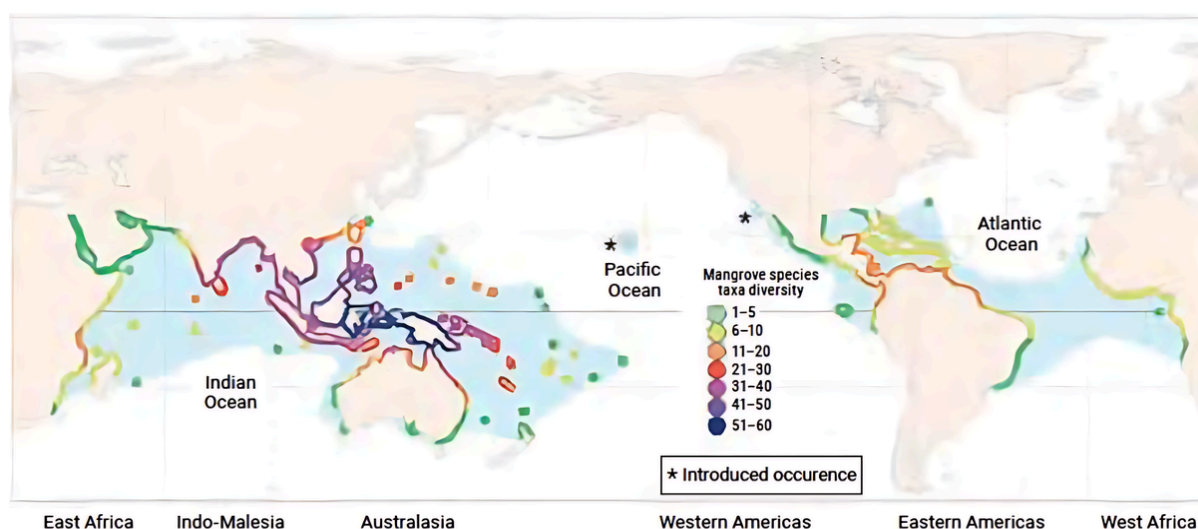


Figura: Distribución mundial de los manglares (sombreado azul), que muestra la diversidad como número de taxones específicos (especies e híbridos nominales). Fuente UNEP, 2014.

La importancia ecológica, económica y social relacionada con los estuarios y manglares proviene de teorías, conceptos y conocimientos científicos basados en los estuarios templados de Europa y América del Norte. En Centroamérica y Sudamérica, la información disponible sobre estuarios pertenece a los estuarios templados sudamericanos, por ejemplo: el estuario del Río de la Plata (Muniz et al. 2019) hasta el Norte de Brasil (Barletta et al., 2023). Para los estuarios de Centroamérica y el Caribe los estudios son limitados (León, 1972; Brugnoli et al., 2004; Díaz-Ferguson et al., 2023).

Acentuando la problemática, la legislación y la gobernanza de las zonas de estuarios es diversa y compleja, centrándose hasta el momento en los estuarios situados en áreas marinas protegidas. Para una adecuada estrategia de seguimiento y gestión, es prioritario entender qué es un ecosistema sano, por lo que el desarrollo de un índice de salud ha sido un tema recurrente en la literatura científica (Lal, 2021).

Metodología Participativa

Las recomendaciones presentadas se basan en discusiones y esfuerzos colaborativos durante el Taller “Construyendo Puentes entre Ciencia y Políticas Públicas Sostenibles: Diplomacia Científica para Estuarios y Manglares en Centroamérica y Sudamérica” ejecutado en Panamá en junio de 2024. A continuación, se presentan evidencias del encuentro.



Se abordan diversas dimensiones críticas de los ecosistemas de estuarios y manglares. Las dimensiones de las recomendaciones recogidas son las siguientes:



Ecología de estuarios y manglares en las Américas

- Análisis sobre la vida marina, la estructura fisicoquímica e hidrológica de los hábitats y la importancia de la biodiversidad en los estuarios y manglares.
- Enfoque en la conservación y restauración de los estuarios y manglares y su biodiversidad; de genes a ecosistemas.
- Evaluación de la estructura y función de los estuarios y manglares.
- Comprensión de las interacciones dentro de los estuarios y manglares y sus implicaciones para la salud y estabilidad del ecosistema.



Servicios ecosistémicos de estuarios y manglares en las Américas

- Identificación y valoración de los diversos servicios proporcionados por los estuarios y manglares, incluyendo la captura de carbono, la calidad del agua, turismo sustentable, seguridad alimentaria y la protección contra tormentas, entre otros.
- Valoración de estrategias para mejorar y sostener estos servicios en beneficio de las comunidades locales y los pueblos originarios.



Gobernanza y planificación espacial marina a diferentes escalas de estuarios y manglares en las Américas

- Prácticas de gestión sostenible y procesos de toma de decisiones inclusivos locales, nacionales y regionales.
- Enfoques de planificación espacial que integren consideraciones ecológicas, sociales y económicas que apoyen el uso sostenible y la conservación de áreas de estuarios y manglares.



Acción comunitaria de estuarios y manglares en las Américas

- Análisis de los roles y la participación de las comunidades locales y pueblos originarios, así como las relaciones transfronterizas/regionales para la gestión de los estuarios y manglares.
- Fortalecimiento de capacidades y conocimientos ancestrales en la gestión de estos ecosistemas.
- Vinculación de las comunidades en actividades económicas sostenibles, como por ejemplo: ecoturismo, turismo científico, pesca sostenible, etc.
- Reconocimiento y preservación de los valores culturales y espirituales asociados a los manglares y estuarios.

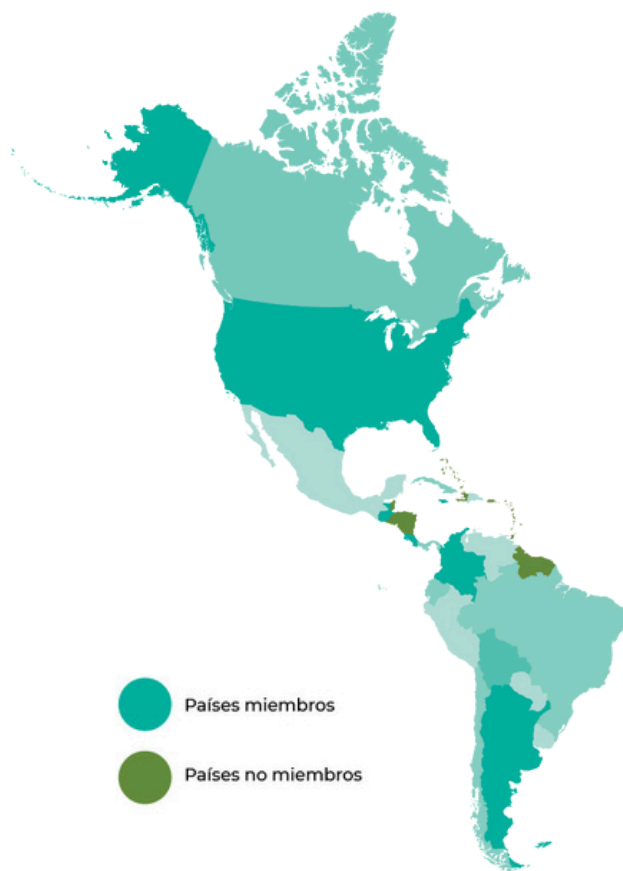
El rol de las alianzas estratégicas y la diplomacia científica

La colaboración multinacional en ciencia y políticas públicas es fundamental para enfrentar estos desafíos y garantizar la conservación a largo plazo de los estuarios y manglares. Por su parte, la diplomacia científica en economías emergentes se caracteriza por el trabajo conjunto consciente de diversos actores, niveles y combinaciones de instrumentos y estrategias de políticas en el intersticio de los asuntos exteriores y la ciencia, tecnología e innovación. Este enfoque puede ayudar a resolver problemas complejos derivados de la crisis actual, como el cambio climático, con afectación en Centroamérica y Sudamérica y en diversas partes del mundo (Echeverría-King, 2021).

Teniendo en cuenta esto, es necesario implementar estrategias que fomenten la integración de diversos actores y disciplinas. La ciencia de la conservación debe trascender la barrera entre el conocimiento y la acción, contribuyendo tanto al avance científico como a la toma de decisiones (Cook et al., 2013). La colaboración entre científicos, tomadores de decisiones, y partes interesadas permite el abordaje de problemas complejos para la conservación (Diffendorfer et al., 2023). Además, la investigación que involucra colaboradores gubernamentales y prioriza el trabajo en red y la participación de las partes interesadas aumenta la probabilidad de que los hallazgos científicos informen y contribuyan a la gestión y la conservación (LeFlore et al., 2021), así como a la restauración.

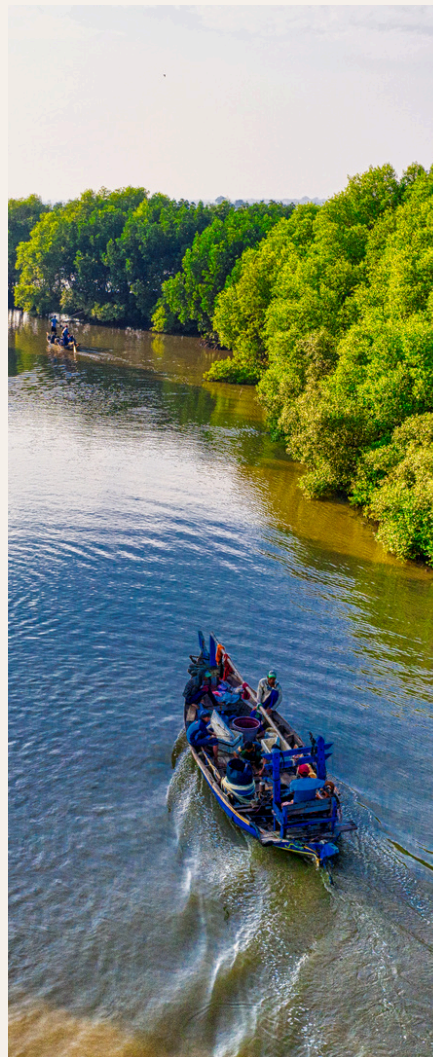
¿Sabías qué?

El Centro de Diplomacia Científica del IAI sirve a los 19 países miembros para fomentar la colaboración multinacional y fortalecer las capacidades en diplomacia científica para abordar los grandes desafíos del cambio ambiental global.



Además, la participación ciudadana y el monitoreo ambiental comunitario son herramientas poderosas para mejorar la gestión de recursos naturales y la conservación de áreas protegidas (Conrad y Hilchey, 2010). La ciencia ciudadana contribuye significativamente a la ciencia de la conservación, y su promoción puede mejorar la gestión de recursos naturales y la protección ambiental de los manglares y estuarios (McKinley et al., 2017). Asimismo, las alianzas entre científicos y partes interesadas, como las colaboraciones entre científicos y la empresa privada, son fundamentales para abordar problemáticas ambientales, informar al público y contribuir a las políticas públicas (Qu y Irani, 2018).

Asimismo, establecer colaboraciones interdisciplinarias y transdisciplinarias que involucren a diversos sectores (público, privado y comunitario) en la implementación de proyectos de monitoreo y restauración puede mejorar los esfuerzos de conservación, gobernanza y gestión de recursos (Gerona-Daga y Salmo, 2022). Finalmente, la ciencia de la conservación debe integrarse en los procesos sociales y decisionales colaborativos, donde se desarrollan escenarios políticos y acciones comunitarias (Toomey et al., 2016).



Estudios de caso de estuarios en Centroamérica

Los estudios de caso de estuarios en Centroamérica destacan la biodiversidad y dinámica ecológica de estos ecosistemas, ofreciendo una visión integral de su estado de conservación y los desafíos ambientales que enfrentan. Son ejemplos que ilustran estrategias de manejo sostenible y políticas de conservación que promuevan la resiliencia de los estuarios frente al cambio climático y la actividad humana.

El Golfo de Nicoya (Costa Rica)

El Golfo de Nicoya, en el Pacífico central de Costa Rica, es uno de los estuarios tropicales más estudiados (Vargas, 2016) presentando una alta productividad primaria (1200 gr C ha año) (Córdoba-Muñoz 1998), siendo el principal centro pesquero del país. Cuenta con una extensa superficie de manglares, sin embargo algunos sistemas de manglar muestran grados importantes de degradación sobre todo para dar paso al establecimiento de camaroneras y salinas, o por tala de bosques para uso de las comunidades costeras. Gracias a la estrategia nacional de restauración del paisaje, desde la academia y ONG´s se cuenta con investigaciones y experiencias constructivas de restauración principalmente en la zona interna del Golfo de Nicoya (ej. Isla Chira, Manzanillo). Las mismas cuentan con un enfoque de género, donde agrupaciones de mujeres son las responsables de plantar mangle y acompañan dichas actividades con campañas de educación, turismo rural y gastronomía.



El Golfo de Nicoya (Costa Rica)

Estudios de caso de estuarios en Centroamérica

El archipiélago de Coiba (Panamá)

El archipiélago de Coiba, ubicado en el Golfo de Chiriquí, República de Panamá presenta una superficie de 275.000 hectáreas de las cuales 216.543 corresponden a su área marina (ANAM, 2009). La isla de Coiba destaca como la más grande del Pacífico centroamericano, con una superficie de 50.314 hectáreas que junto a otras islas menores e islotes se inserta en el corredor marino del Pacífico Este Tropical. Debido a su gran extensión, posición estratégica y estado increíble de conservación, Panamá designa a Coiba como parque nacional en 1991, siendo declarado sitio patrimonio mundial de la humanidad en 2005. Destacan aproximaciones recientes sobre la composición del zooplancton y condiciones oceanográficas del noreste de la isla, descripción de playas y prospecciones de algunos taxa como peces de estuarios, así como listados moleculares de teleósteos, nudibranquios y nematodos (Brugnoli et al., 2023; Díaz Ferguson et al. 2023; Crawford et al. 2024; Botero et al. 2024).

Este sitio prístino es considerado un laboratorio vivo de evolución (Enright et al., 2021), donde se pueden encontrar ecosistemas marinos y costeros como arrecifes coralinos, playas arenosas, costas rocosas, aguas abiertas, y en la transición mar tierra en la desembocadura de sus ríos, encontramos bosques de galería y manglares en los estuarios (ANAM 2009). Debido a su historia como penal y la poca intervención humana en la mayoría de su territorio, Coiba presenta algunos de los manglares mejor conservados de Centroamérica con seis especies de manglares; incluyendo el poco frecuente mangle piñuelo y otras especies asociadas como los alcornocales y cativales, amenazados en tierra firme, pero en excelente estado de conservación. Sus 1500 manglares, en especial en Catival, Juncal, San Juan, Boca Grande, Sta. Cruz y Río Negro, así como sus 18 ríos en estado prístino ofrecen una oportunidad para que Coiba se convierta en un sitio modelo que sirva de referencia sobre cómo debe ser un estuario y manglar sano, para establecer metodologías de monitoreo y evaluación del estado de otros estuarios tropicales en la región y poder decidir estrategias de conservación y restauración.



El archipiélago de Coiba (Panamá)

Recomendaciones

A continuación se mencionan recomendaciones clave para el desarrollo de políticas públicas en estuarios y manglares a partir de la evidencia. Se destaca la heterogeneidad en los avances entre los diferentes países en las medidas relacionadas, siendo las mismas aplicables para Centroamérica y Sudamérica:

Establecer medidas para reducir la contaminación proveniente de fuentes terrestres y marinas que afectan la calidad de estos ecosistemas.

Desarrollar políticas y protocolos de monitoreo periódicos de los caudales hídricos y ecológicos que integren la dinámica de los flujos de agua dulce y salada para mantener el equilibrio en estos ecosistemas.

Implementar planes de conservación para especies emblemáticas y vulnerables que dependen de estos ecosistemas para su supervivencia.

Establecer programas de monitoreo de la biodiversidad y los factores que la afectan, como cambio climático, especies exóticas invasoras, degradación y fragmentación de los hábitats, sobreexplotación de recursos, entre otros.

Implementar programas de conservación y restauración para recuperar la biodiversidad y funcionalidad de estos ecosistemas, considerando indicadores de avance.

ECOLOGÍA DE ESTUARIOS Y MANGLARES EN LAS AMÉRICAS



SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE ESTUARIOS Y MANGLARES EN LAS AMÉRICAS



Valoración de estrategias para mejorar y sostener estos servicios en beneficio de las comunidades locales y los pueblos originarios.

Implementar regulaciones y medidas para promover actividades productivas sostenibles, asegurando así la provisión de agua potable, la filtración de contaminantes y la regulación del ciclo hidrológico.

Identificación y valoración de los diversos servicios proporcionados por los estuarios y manglares, incluyendo la captura de carbono, la calidad del agua, turismo sustentable, seguridad alimentaria y la protección contra tormentas, entre otros.

Recomendaciones

GOBERNANZA Y PLANIFICACIÓN ESPACIAL MARINA



Enfoques de planificación espacial que integren consideraciones ecológicas, sociales y económicas que apoyen el uso sostenible y la conservación.

Desarrollar marcos de gobernanza y cooperación que promuevan prácticas de gestión sostenible y procesos de toma de decisiones inclusivos locales, nacionales y regionales mediante herramientas como: planificación espacial marina, valoración económica de los servicios ecosistémicos, incentivos económicos, conectividad ecológica, gestión integrada de cuencas, evaluación de impacto ambiental, entre otros.

Garantizar la transparencia en los procesos de financiamiento, toma de decisiones y el acceso público a la información relevante sobre la gestión y conservación de estuarios y manglares, promoviendo rendición de cuentas.

Fomentar la cooperación y coordinación entre países en la gestión de los estuarios y manglares compartidos, promoviendo acuerdos que salvaguarden estos ecosistemas transfronterizos, considerando la diplomacia científica como una herramienta.

Prácticas de gestión sostenible y procesos de toma de decisiones inclusivos locales, nacionales y regionales.

Análisis de los roles y la participación de las comunidades locales y pueblos originarios, así como las relaciones transfronterizas/regionales para la gestión de los estuarios y manglares.

Diseñar y ejecutar estrategias de educación, comunicación y sensibilización pública sobre la importancia ambiental, social y económica de estos ecosistemas.

Vinculación de las comunidades en actividades económicas sostenibles, como por ejemplo: ecoturismo, turismo científico, pesca sostenible, etc.

Reconocimiento y preservación de los valores culturales y espirituales asociados a los manglares y estuarios.

Fortalecimiento de capacidades y conocimientos ancestrales en la gestión de estos ecosistemas.

Asegurar la inversión, el financiamiento y gestión en investigación direccionada y formación de capacidades para estuarios y manglares para comprender mejor la dinámica de estos ecosistemas y guiar la toma de decisiones basada en evidencia científica.

ACCIÓN COMUNITARIA DE ESTUARIOS Y MANGLARES

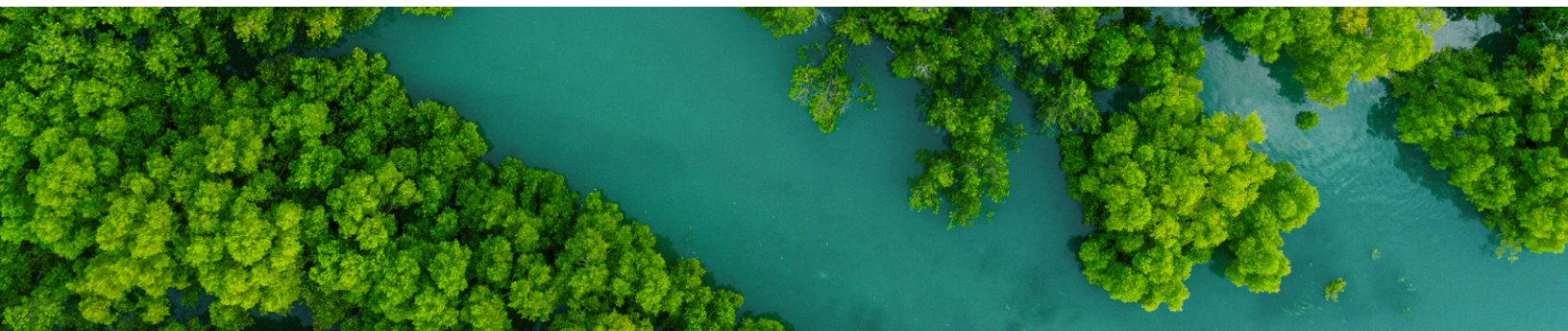


Referencias

- ANAM, (2009). Plan de manejo del Parque Nacional Coiba. Compiladores J. L. Maté, D. Tovar, E. Arcia & Y. Hidalgo. STRI. p. 168.
- Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological monographs*, 81(2), 169-193.
- Barletta, M., & Lima, A. R. (2019). Systematic review of fish ecology and anthropogenic impacts in South American estuaries: setting priorities for ecosystem conservation. *Frontiers in Marine Science*, 6, 237.
- Barletta, M., Melo, R. C., & Whitfield, A. K. (2023). Past and present conservation of south American estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 108542.
- Bernardino, A. F., Pagliosa, P. R., Christofoletti, R. A., Barros, F., Netto, S. A., Muniz, P., & Lana, P. D. C. (2016). Benthic estuarine communities in Brazil: moving forward to long term studies to assess climate change impacts. *Brazilian Journal of Oceanography*, 64(spe2), 81-96.
- Boerema, A., & Meire, P. (2017). Management for estuarine ecosystem services: A review. *Ecological Engineering*, 98, 172-182.
- Booi, S., Mishi, S., & Andersen, O. (2022). Ecosystem services: a systematic review of provisioning and cultural ecosystem services in estuaries. *Sustainability*, 14(12), 7252.
- Borja, A., Franco, J., & Pérez, V. (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine pollution bulletin*, 40(12), 1100-1114.
- Botero, C. M., Justo, S. C., & Díaz-Ferguson, E. (2024). First scenic assessment of the Coiba National Park's beaches (Panama). *Marine and Fishery Sciences (MAFIS)*, 37(3), 515-523.
- Bornatowski, H., Navia, A. F., Braga, R. R., Abilhoa, V., & Corrêa, M. F. M. (2014). Ecological importance of sharks and rays in a structural foodweb analysis in southern Brazil. *ICES Journal of Marine Science*, 71(7), 1586-1592.
- Brugnoli-Olivera, E., Díaz-Ferguson, E., Delfino-Machin, M., Morales-Ramírez, A., & Dominici Arosemena, A. (2004). Composition of the zooplankton community, with emphasis in copepods, in Punta Morales, Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 52(4), 897-902.
- Brugnoli E, Molina L, Til I, Camarena M, Morales A y Díaz-Ferguson, E. (2023) Mesozooplankton and oceanographic conditions in the north zone of Coiba National Park (Panamá, Central America). *Regional Studies in Marine Science*, 66: 103136.
- Conrad, C. C., & Hilchey, K. G. (2011). A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities. *Environmental monitoring and assessment*, 176, 273-291.
- Cook, C. N., Mascia, M. B., Schwartz, M. W., Possingham, H. P., & Fuller, R. A. (2013). Achieving conservation science that bridges the knowledge-action boundary. *Conservation Biology*, 27(4), 669-678.
- Crawford, G., Mepstead, M., & Díaz-Ferguson, E. (2024). Characterizing oceanographic conditions near Coiba Island and Pacific Panama using 20 years of satellite-based wind stress, SST and chlorophyll-a measurements. *Marine and Fishery Sciences (MAFIS)*, 37(3), 391-411.
- Díaz-Ferguson, E., Chial, M., Gonzalez, M., Muñoz, E., Chen, O., Durán, O., ... & Delgado, C. R. (2023). Building a teleost fish traceability program based on genetic data from Pacific Panama fish markets. *Animals*, 13(14), 2272.
- Diffendorfer, J. E., Drum, R. G., Mitchell, G. W., Rendón-Salinas, E., Sánchez-Cordero, V., Semmens, D. J., ... & March, I. J. (2023). The benefits of big-team science for conservation: Lessons learned from trinational monarch butterfly collaborations. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1079025.
- Echeverría King, L. F., González, D. A., & Andrade-Sastoque, E. (2021). Science diplomacy in emerging economies: a phenomenological analysis of the colombian case. *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, 6, 636538.
- Echeverría-King, L. F., Alarcón-López, C., Prietoc, J., Garcías, L. M. C., & Benavides-Trujillo, S. (2024). Participatory Processes for the Design of Science Diplomacy Initiatives: Perspectives from Emerging Economies. *Science*, 2.
- Gerona-Daga, M. E. B., & Salmo III, S. G. (2022). A systematic review of mangrove restoration studies in Southeast Asia: Challenges and opportunities for the United Nation's Decade on Ecosystem Restoration. *Frontiers in Marine Science*, 9, 987737.
- Harrison, T. D., & Whitfield, A. K. (2004). A multi-metric fish index to assess the environmental condition of estuaries. *Journal of Fish Biology*, 65(3), 683-710.

- Lal, D. M., Sreekanth, G. B., Shivakrishna, A., Kumar, R., Nayak, B. B., & Abidi, Z. J. (2021). Ecosystem health status and trophic modeling of an anthropogenically impacted small tropical estuary along India's west coast. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 35073-35093.
- LeFlore, M., Bunn, D., Sebastian, P., & Gaydos, J. K. (2022). Improving the probability that small-scale science will benefit conservation. *Conservation Science and Practice*, 4(1), e571.
- León, P. E. (1973). Ecología de la ictiofauna del Golfo de Nicoya, Costa Rica, un estuario tropical. *Revista de Biología Tropical*, 21(1), 5-30.
- Malhi, Y., Franklin, J., Seddon, N., Solan, M., Turner, M. G., Field, C. B., & Knowlton, N. (2020). Climate change and ecosystems: threats, opportunities and solutions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1794), 20190104.
- McKinley, D. C., Miller-Rushing, A. J., Ballard, H. L., Bonney, R., Brown, H., Cook-Patton, S. C., ... & Soukup, M. A. (2017). Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. *Biological conservation*, 208, 15-28.
- Muniz, P., Venturini, N., Brugnoli, E., Gutiérrez, J.M. & A. Acuña. (2019). Environmental quality of the north coast of the Río de la Plata (Uruguay): historical aspects, land uses and status of biological communities. In "World Seas An Environmental Evaluation". Second Ed. Vol 1, The Europe, Americas and West Africa. Chapter 30.703-724. Elsevier, UK.
- Muñoz, R. C. (1998). Primary productivity in the water column of Estero Morales, a mangrove system in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 46(S6), 257-262.
- Nellemann, C., & Corcoran, E. (Eds.). (2009). Blue carbon: the role of healthy oceans in binding carbon: a rapid response assessment. UNEP/Earthprint.
- Neugarten, R. A., Chaplin-Kramer, R., Sharp, R. P., Schuster, R., Strimas-Mackey, M., Roehrdanz, P. R., ... & Rodewald, A. D. (2024). Mapping the planet's critical areas for biodiversity and nature's contributions to people. *Nature communications*, 15(1), 261.
- Perillo, G. M., & Kjerfve, B. (2005). Regional estuarine and coastal systems of the Americas: an introduction. *Journal of Coastal Research*, 21(4), 729-730.
- Qu, S., & Irani, T. (2018). The communication effectiveness of scientist-stakeholder partnerships addressing agriculture and natural resources issues: An analysis of the media attention and media framing of the Florida Water and Climate Alliance. *Journal of Applied Communications*, 102(4), 11.
- Rudd, M. A. (2014). Scientists' perspectives on global ocean research priorities. *Frontiers in Marine Science*, 1, 36.
- Sanjurjo, E., Cadena, K., & Erbstoesser, I. (2005). Valoración económica de los vínculos entre manglar y pesquerías. In *Memorias del Segundo Congreso Iberoamericano de Desarrollo y Medio Ambiente (CIDMA II)*, Puebla, México. Online at: http://www.ine.gob.mx/dgipea/estudios/val_eco_vinculos.html
- Toomey, A. H., Knight, A. T., & Barlow, J. (2017). Navigating the space between research and implementation in conservation. *Conservation Letters*, 10(5), 619-625.
- van Bochove, J. W., Sullivan, E., Nakamura, T., & Drakou, E. G. (2014). The importance of mangroves to people: a call to action. *United Nations Environment Programme (UNEP)*.
- Vargas, J. A. (2016). The Gulf of Nicoya: estuarine ecosystem. *Costa Rican Ecosystems*, 139-161.
- Woodroffe, C. D., Qiao, B., Christofolletti, R. A., Hunt, D. E., Muniz, P., & Yasuhara, M. (2021). Estuaries and Deltas. *The Second World Ocean Assessment*, (p. 545). United Nations.
- Whitfield, A. K. (1996). Fishes and the environmental status of South African estuaries. *Fisheries Management and Ecology*, 3(1), 45-57.

<https://doi.org/10.7910/DVN/5ZPUUN>



Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global - www.iai.int

✉ marcella.ohira@dir.iai.int

Estación Científica COIBA, Panamá - www.coiba.org.pa

✉ ediaz@coiba.org.pa

