



Recomendações para a Conservação de Estuários e Restauração de Manguezais na América Central e do Sul

Autores

Edgardo Díaz-Ferguson, Luisa F. Echeverría-King, Branislav Pantović, Johanna Segovia, Yani Aranguren, Ernesto Brugnoli, Pablo Muniz, 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



As opiniões e recomendações expressas neste relatório são de responsabilidade dos autores e não representam de forma alguma as da COIBA AIP, SENACYT, Diplocientífica ou do Instituto Interamericano de Pesquisa sobre Mudanças Globais (IAI) ou de seus Estados membros. As designações utilizadas e a apresentação do material nos mapas não implicam a expressão de qualquer opinião por parte das instituições envolvidas no que diz respeito ao estatuto jurídico de qualquer país, território, cidade ou área ou das suas autoridades, nem no que diz respeito à delimitação de suas fronteiras ou limites. O relatório é emitido apenas para fins de informação pública e não é um texto oficial da COIBA AIP, SENACYT, Diplocientífica ou IAI em qualquer sentido jurídico ou técnico.

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença CC BY-NC-SA 4.0, que permite uso, distribuição e reprodução irrestrita em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente creditado. Recomenda-se citar este documento da seguinte forma:

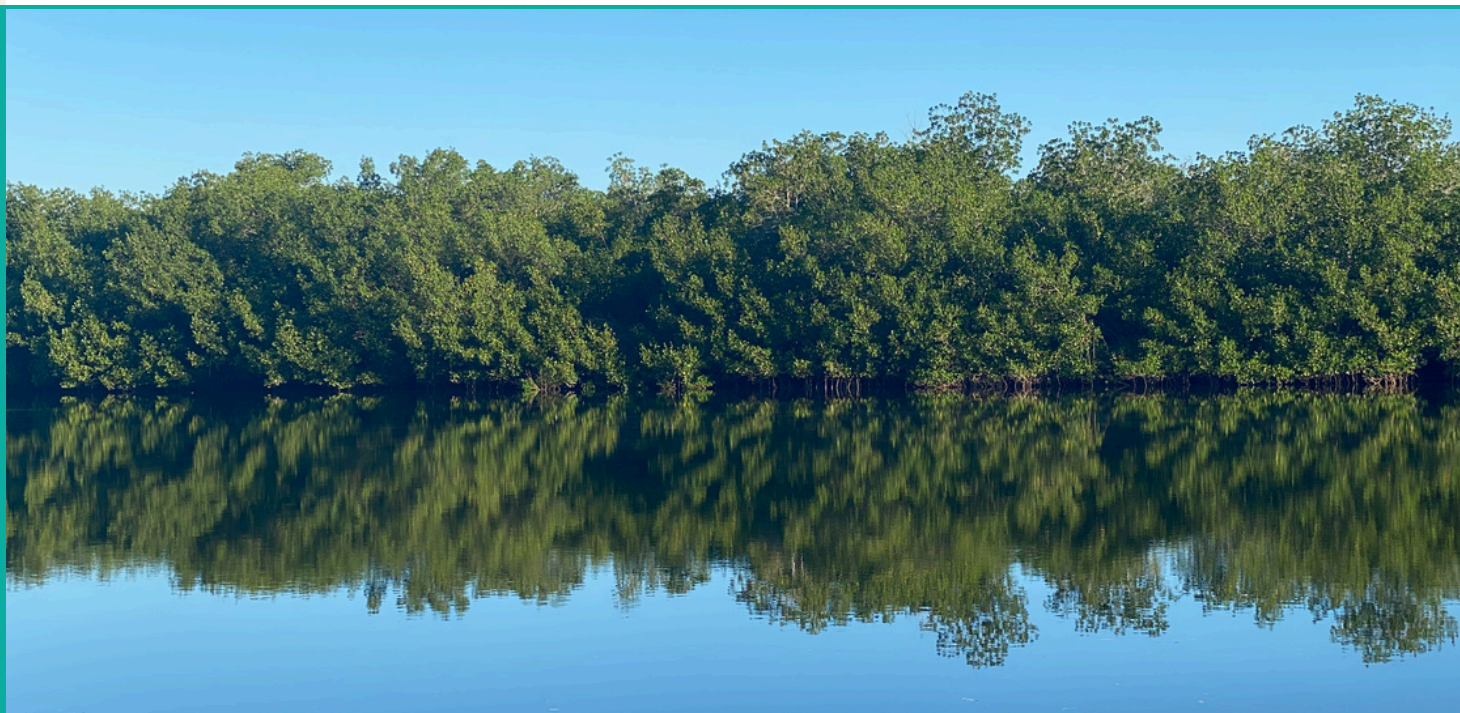
Díaz-Ferguson, E. et al. (2024). Recomendações para a Conservação de Estuários e Restauração de Manguezais na América Central e do Sul. Instituto Interamericano para a Pesquisa em Mudanças Globais.

RECOMENDAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO DE ESTUÁRIOS E RESTAURAÇÃO DE MANGUEZAIS NA AMÉRICA CENTRAL E DO SUL

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*

SUMÁRIO EXECUTIVO

Este white paper destaca a importância crítica dos estuários e manguezais na América Central e do Sul, destacando o seu papel na biodiversidade, na regulação climática e na proteção costeira. Estes ecossistemas, fundamentais para a captura de carbono e a mitigação das alterações climáticas, enfrentam ameaças como as alterações climáticas, a poluição e a urbanização. Com base em um workshop de diplomacia científica realizado no Panamá em 2024, são oferecidas recomendações para políticas públicas focadas na conservação e restauração desses habitats. Propõe a implementação de programas de conservação, monitoramento da biodiversidade, gestão da água, redução da poluição e proteção de espécies vulneráveis. Além disso, destaca a necessidade de atividades sustentáveis, de investimento na investigação, na educação pública e na governação inclusiva, bem como na cooperação transfronteiriça e na participação ativa das comunidades locais. Estão incluídos estudos de caso do Arquipélago de Coiba, no Panamá, e do Golfo de Nicoya, na Costa Rica, exemplificando estratégias de gestão sustentável bem-sucedidas. Este quadro abrangente visa orientar os decisores na implementação de estratégias sustentáveis para enfrentar os desafios ambientais e garantir a saúde e a resiliência dos estuários e manguezais na América Central e do Sul.



Fotografia de Johanna Segovia

¹ Estación Científica COIBA, Panamá.

² Universidad Simón Bolívar, Colombia.

³ Instituto Interamericano para a Pesquisa em Mudanças Globais

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

Introdução

Os ecossistemas estuarinos, incluindo manguezais e florestas de galeria, são essenciais para manter a biodiversidade e atuar como reguladores naturais do clima.

Manguezais e estuários capturam carbono, reciclam nutrientes e protegem as zonas costeiras contra tempestades, reduzindo o risco de inundações, garantindo a segurança alimentar das comunidades costeiras e filtrando os poluentes. No entanto, estas áreas vitais estão ameaçadas pelos efeitos das mudanças climáticas, alterações na utilização dos solos, poluição, espécies exóticas/invasoras, degradação de habitats, falta de planejamento urbano e pressões industriais. A perda destes habitats não só reduz a biodiversidade e os seus valores, mas também enfraquece a nossa capacidade de combater e mitigar as alterações climáticas (Malhi et al., 2020; Neugarten et al., 2024). É por isso que os ecossistemas marinho-costeiros (incluindo os estuários e particularmente os seus manguezais) são os principais responsáveis por todo o carbono biológico capturado dos oceanos azuis, daí o nome carbono azul (Nellemann y Corcoran, 2009). Ao manter os manguezais saudáveis e ao recuperar as áreas degradadas, pode-se maximizar o potencial de sequestro de carbono, essencial para as estratégias de mitigação e combate aos efeitos das mudanças climáticas na esfera nacionais. Portanto, a conservação, restauração, monitoramento e proteção destes ecossistemas de carbono azul deve ser uma prioridade. A adoção destas medidas oferece uma solução climática natural e crescente que pode impactar significativamente a saúde ambiental, tanto em escala nacional quanto regional (Bernardino et al., 2016).

Estes ecossistemas são indicadores das alterações oceanográficas costeiras produzidas pelas alterações climáticas. Processos estes que também se intensificaram devido à maior frequência e magnitude dos eventos de El Niño-La Niña (Muniz et al., 2019). Dois terços da população humana vivem em zonas costeiras. Portanto, as pessoas que vivem em estuários poderiam usufruir dos serviços ecossistêmicos como educação, turismo científico, atividades recreativas, cultura e história desta área (Booi, Mishi e Andersen, 2022). Além desses benefícios, as populações humanas próximas às áreas estuarinas são vulneráveis à desastres naturais e fatores antropogênicos inerentes à urbanização, como poluição, sedimentação, escoamento de nutrientes, microplásticos, pesticidas, metais pesados e hidrocarbonetos (Woodroffe et al., 2021).

Os manguezais oferecem uma ampla gama de bens e serviços de conhecimento e identidade ambiental, cultural e indígena que não possuem um valor de mercado explícito (intangível) (Barbier et al., 2011; Booi, Mishi y Andersen, 2022), o que torna necessário o uso de técnicas de avaliação econômica para compreender sua contribuição para a economia.

Embora vários estudos tenham sido realizados para estimar o valor econômico dos manguezais, especialmente em termos de proteção da pesca comercial, pouca atenção tem sido dada à importância da organização social nesta valoração econômica (Sanjurjo et al., 2005).



Fotografia de Johanna Segovia

OBJETIVO

O objetivo deste whitepaper é fornecer recomendações de políticas públicas voltadas para a conservação e restauração de estuários e manguezais na América Central e do Sul. Com base em discussões e colaborações realizadas durante um workshop de diplomacia científica no Panamá, este documento procura oferecer um quadro abrangente para orientar os decisores políticos e investigadores na implementação de estratégias sustentáveis para a gestão e proteção destes ecossistemas vitais, abordando dimensões críticas como a ecologia marinha, interações ecossistêmicas, serviços ecossistêmicos, comunidade e governança e planejamento espacial marinho.

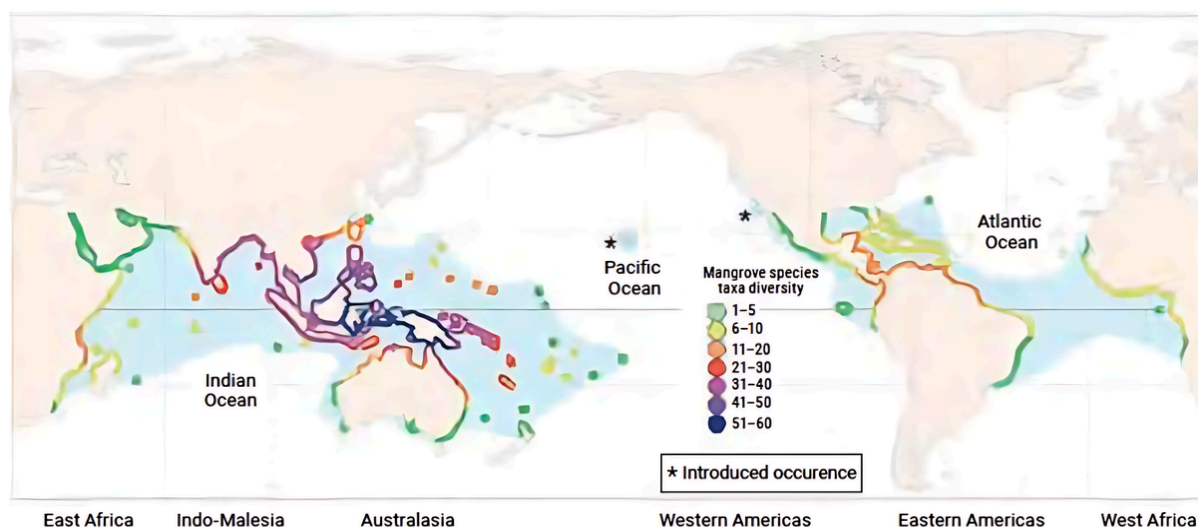


Figura: Distribuição global dos manguezais (sombreamento azul), mostrando a diversidade como número de táxons específicos (espécies e híbridos nominais). Fonte PNUMA, 2014.

A importância ecológica, econômica e social relacionada com estuários e manguezais advém de teorias, conceitos e conhecimentos científicos baseados nos estuários temperados da Europa e da América do Norte. Na América Central e do Sul, as informações disponíveis sobre estuários pertencem aos estuários temperados da América do Sul, por exemplo: do estuário do Rio da Prata (Muniz et al. 2019) ao Norte do Brasil (Barletta, 2019). Para os estuários da América Central e do Caribe, os estudos são limitados (León, 1972; e Brugnoli et al., 2004; Díaz-Ferguson et al., 2023).

Acentuando o problema, a legislação e governança das áreas estuarinas é diversificada e complexa, concentrando-se até agora em estuários localizados em áreas marinhas protegidas. Para uma estratégia adequada de monitoramento e gestão, é prioritário compreender o que é um ecossistema saudável, razão pela qual o desenvolvimento de um índice de saúde tem sido um tema recorrente na literatura científica (Lal et al., 2021).

Metodologia Participativa

As recomendações apresentadas neste documento são baseadas em discussões e esforços colaborativos durante o Workshop “Construindo Pontes entre Ciência e Políticas Públicas Sustentáveis: Diplomacia Científica para Estuários e Manguezais na América Central e do Sul” realizado no Panamá em junho de 2024, abordando várias dimensões críticas da ecossistemas estuarinos e manguezais.



São abordadas diversas dimensões críticas dos ecossistemas estuarinos e de manguezais. As dimensões das recomendações coletadas são as seguintes:



Ecologia de estuários e manguezais nas Américas

- Análise da vida marinha, da estrutura físico-química e hidrológica dos habitats e da importância da biodiversidade em estuários e manguezais.
- Foco na conservação e restauração de estuários e manguezais e sua biodiversidade; dos genes aos ecossistemas.
- Avaliação da estrutura e função de estuários e manguezais.
- Compreender as interações dentro dos estuários e manguezais e as suas implicações para a saúde e estabilidade do ecossistema.



Serviços ecossistêmicos de estuários e manguezais nas Américas

- Identificação e avaliação dos diversos serviços prestados pelos estuários e manguezais, incluindo captura de carbono, qualidade da água, turismo sustentável, segurança alimentar e proteção contra tempestades, entre outros.
- Avaliação de estratégias para melhorar e manter estes serviços em benefício das comunidades locais e dos povos indígenas.



Governança e planejamento espacial marinho em diferentes escalas de estuários e manguezais nas Américas

- Práticas de gestão sustentável e processos de tomada de decisão locais, nacionais e regionais inclusivos.
- Abordagens de planejamento espacial que integrem considerações ecológicas, sociais e econômicas que apoiem o uso sustentável e a conservação de áreas estuarinas e de manguezais.



Ação comunitária em estuários e manguezais nas Américas

- Análise dos papéis e da participação das comunidades locais e dos povos indígenas, bem como das relações transfronteiriças/regionais para a gestão de estuários e manguezais.
- Fortalecer as capacidades e conhecimentos ancestrais na gestão destes ecossistemas.
- Aproximar as comunidades em atividades econômicas sustentáveis, tais como: ecoturismo, turismo científico, pesca sustentável, etc.
- Reconhecimento e preservação dos valores culturais e espirituais associados aos manguezais e estuários.

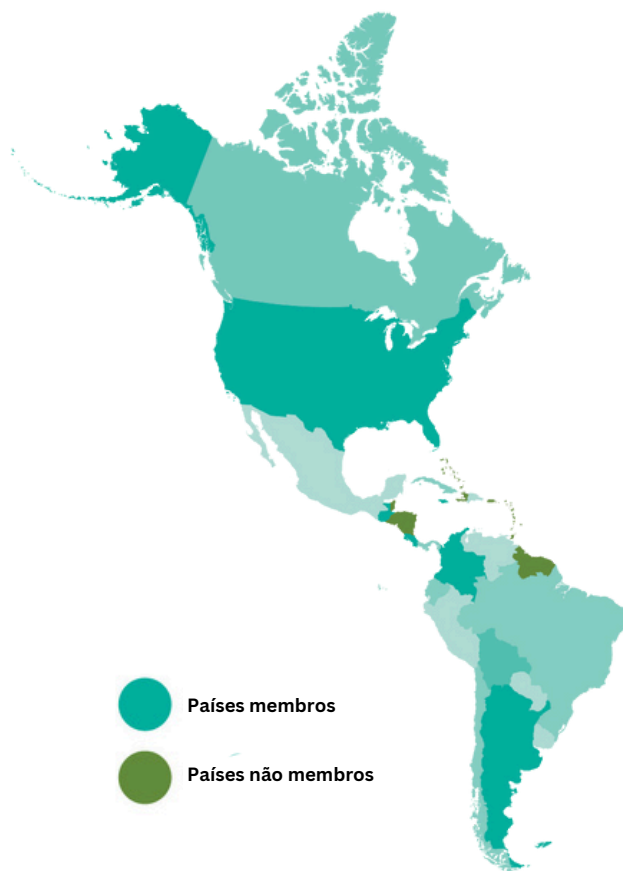
O papel das alianças estratégicas e da diplomacia científica

A colaboração multinacional na ciência e nas políticas públicas é essencial para enfrentar estes desafios e garantir a conservação a longo prazo dos estuários e manguezais. Por seu lado, a diplomacia científica nas economias emergentes caracteriza-se pelo trabalho conjunto consciente de vários atores, níveis e combinações de instrumentos e estratégias políticas no interstício das relações exteriores e da ciência, tecnologia e inovação. Esta abordagem pode ajudar a resolver problemas complexos derivados da crise atual, como as alterações climáticas, que afetam a América Central e do Sul e várias partes do mundo (Echeverría-King et al., 2021).

Tendo isto em conta, é necessário implementar estratégias que incentivem a integração de vários atores e disciplinas. A ciência da conservação deve transcender a barreira entre o conhecimento e a ação, contribuindo tanto para o avanço científico como para a tomada de decisões (Cook et al. 2013). A colaboração entre cientistas, decisores e partes interessadas permite resolver problemas complexos de conservação (Diffendorfer et al. 2023). Além disso, a investigação que envolve colaboradores governamentais e dá prioridade ao networking e ao envolvimento das partes interessadas aumenta a probabilidade de as descobertas científicas informarem e contribuírem para a gestão e conservação (LeFlore et al. 2021), bem como para a restauração.

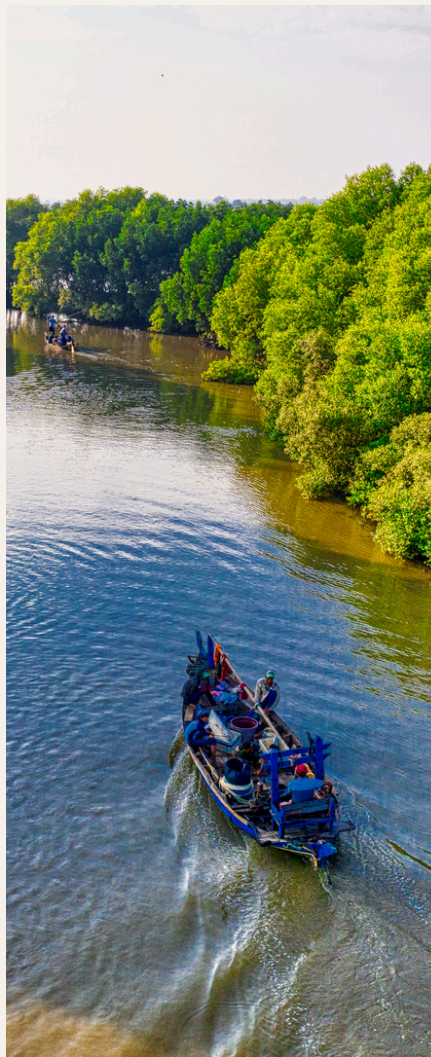
Você sabia disso...

***O Centro de Diplomacia Científica do IAI
atende os 19 países membros para promover a
colaboração multinacional e fortalecer as
capacidades na diplomacia científica para
enfrentar os grandes desafios das mudanças
ambientais globais.***



Além disso, a participação dos cidadãos e o monitoramento ambiental comunitária são ferramentas poderosas para melhorar a gestão dos recursos naturais e a conservação das áreas protegidas (Conrad e Hilchey, 2010). A ciência cidadã contribui significativamente para a ciência da conservação e a sua promoção pode melhorar a gestão dos recursos naturais e a proteção ambiental dos manguezais e estuários (McKinley et al. 2017). Da mesma forma, as alianças entre cientistas e partes interessadas, tais como colaborações entre cientistas e empresas privadas, são essenciais para resolver problemas ambientais, informar o público e contribuir para políticas públicas (Qu e Irani, 2018).

Da mesma forma, estabelecer colaborações interdisciplinares e transdisciplinares que envolvam vários setores (público, privado e comunitário) na implementação de projetos de monitorização e restauração pode melhorar os esforços de conservação, governança e gestão de recursos (Gerona-Daga e Salmo, 2022). Finalmente, a ciência da conservação deve ser integrada em processos sociais e decisórios colaborativos, onde são desenvolvidos cenários políticos e ações comunitárias (Toomey, 2016).



Estudos de caso de estuários na América Central

Os estudos de caso de estuários na América Central destacam a biodiversidade e a dinâmica ecológica destes ecossistemas, oferecendo uma visão abrangente do seu estado de conservação e dos desafios ambientais que enfrentam. São exemplos que ilustram estratégias de gestão sustentável e políticas de conservação que promovem a resiliência dos estuários face às alterações climáticas e à atividade humana.

El Golfo de Nicoya (Costa Rica)

O Golfo de Nicoya, no Pacífico central da Costa Rica, é um dos estuários tropicais mais estudados (Vargas, 2016), apresenta uma alta produtividade primária (1200 gr C ha ano) (Córdoba-Muñoz 1998), sendo o principal centro pesqueiro do país. Possui uma extensa superfície de manguezais, porém alguns sistemas de manguezais apresentam graus significativos de degradação, principalmente para dar lugar ao estabelecimento de fazendas de camarão e minas de sal, ou devido ao desmatamento da floresta para uso das comunidades costeiras. Graças à estratégia nacional de restauração paisagística, a academia e as ONGs têm experiências de pesquisa e restauração construtivas principalmente na área interna do Golfo de Nicoya (por exemplo, Ilha Chira, Manzanillo). Têm um enfoque de gênero, onde grupos de mulheres são responsáveis pela plantação de manguezais e acompanham estas atividades com campanhas de educação, turismo rural e gastronomia.



Golfo de Nicoya (Costa Rica)

Estudos de caso de estuários na América Central

El archipiélago de Coiba (Panamá)

O arquipélago de Coiba, localizado no Golfo de Chiriquí, República do Panamá, possui uma área de 275.000 hectares, dos quais 216.543 correspondem à sua área marinha (ANAM, 2009). A ilha de Coiba destaca-se como a maior da região Central. Pacífico Americano, com área de 50.314 hectares que, juntamente com outras ilhas e ilhotas menores, está inserido no corredor marinho do Pacífico Tropical Oriental. Devido à sua grande extensão, posição estratégica e incrível estado de conservação, o Panamá designou Coiba como parque nacional em 1991, e foi declarado patrimônio mundial em 2005. Informações recentes sobre a composição do zooplâncton e as condições oceanográficas do nordeste do a ilha, descrição de praias e levantamentos de alguns táxons como peixes estuarinos, bem como listas moleculares de teleósteos, nudibrânquios e nematóides (Brugnoli et al., 2023, Díaz Ferguson et al. 2023, Crowford et al. 2024; Botero et al., 2024)

Este local intocado é considerado um laboratório vivo de evolução (Enright et al., 2021), onde podem ser encontrados ecossistemas marinhos e costeiros, como recifes de coral, praias arenosas, costas rochosas, águas abertas e na transição mar-terra no foz de seus rios, encontram-se matas de galeria e manguezais nos estuários (ANAM 2009). Devido à sua história como prisão e à pouca intervenção humana na maior parte do seu território, Coiba apresenta alguns dos manguezais mais bem preservados da América Central com seis espécies de manguezais; incluindo o raro mangue piñuelo e outras espécies associadas como os sobreiros e os cativales, ameaçados no continente, mas em excelente estado de conservação. Seus 1.500 manguezais, especialmente em Catival, Juncal, San Juan, Boca Grande, Sta Cruz e Rio Negro, bem como seus 18 rios cristalinos, oferecem uma oportunidade para Coiba se tornar um local modelo que serve de referência sobre como deve ser. ser um estuário e mangue saudáveis, estabelecer metodologias de monitoramento e avaliação do estado de outros estuários tropicais da região e poder decidir estratégias de conservação e restauração.



Arquipélago de Coiba (Panamá)

Recomendações

Recomendações-chave para o desenvolvimento de políticas públicas em estuários e manguezais com base nas evidências são mencionadas abaixo. A heterogeneidade no progresso entre diferentes países nas medidas relacionadas é destacada, e as mesmas são aplicáveis à América Central e do Sul:

Estabelecer medidas para reduzir a poluição de fontes terrestres e marinhas que afetam a qualidade desses ecossistemas.

Desenvolver políticas e protocolos para monitoramento periódico dos fluxos hídricos e ecológicos que integrem a dinâmica dos fluxos de água doce e salgada para manter o equilíbrio nesses ecossistemas.

Implementar planos de conservação para espécies emblemáticas e vulneráveis que dependem desses ecossistemas para sua sobrevivência.

Estabelecer programas de monitoramento da biodiversidade e dos fatores que a afetam, como mudanças climáticas, espécies exóticas invasoras, degradação e fragmentação de habitats, superexploração de recursos, entre outros.

Implementar programas de conservação e restauração para recuperar a biodiversidade e a funcionalidade desses ecossistemas, considerando indicadores de progresso.

ECOLOGIA DE ESTUÁRIOS E MANGUEZAIS NAS AMÉRICAS



SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DE ESTUÁRIOS E MANGUEZAIS NAS AMÉRICAS



Avaliação de estratégias para melhorar e sustentar esses serviços em benefício das comunidades locais e dos povos indígenas.

Implementar regulamentações e medidas para promover atividades produtivas sustentáveis, garantindo assim o fornecimento de água potável, a filtragem de contaminantes e a regulação do ciclo hidrológico.

Identificação e avaliação dos diversos serviços prestados por estuários e manguezais, incluindo sequestro de carbono, qualidade da água, turismo sustentável, segurança alimentar e proteção contra tempestades, entre outros.

Recomendações

PLANEAMENTO E GOVERNAÇÃO DO ESPAÇO MARINHO



Abordagens de planeamento espacial que integram considerações ecológicas, sociais e económicas que apoiam a utilização e conservação sustentáveis.

Desenvolver quadros de governação e cooperação que promovam práticas de gestão sustentáveis e processos de tomada de decisão locais, nacionais e regionais inclusivos, utilizando ferramentas como: ordenamento do espaço marinho, avaliação económica dos serviços ecossistémicos, incentivos económicos, conectividade ecológica, gestão integrada de bacias hidrográficas, avaliação de impacto ambiental, entre outros.

Garantir a transparência nos processos de financiamento, na tomada de decisões e no acesso público a informações relevantes sobre a gestão e conservação de estuários e manguezais, promovendo a responsabilização.

Promover a cooperação e coordenação entre países na gestão de estuários e manguezais partilhados, promovendo acordos que salvaguardem estes ecossistemas transfronteiriços, considerando a diplomacia científica como ferramenta.

Práticas de gestão sustentável e processos de tomada de decisão locais, nacionais e regionais inclusivos.

Análise dos papéis e da participação das comunidades locais e dos povos indígenas, bem como das relações transfronteiriças/regionais para a gestão de estuários e manguezais.

Projetar e executar estratégias de educação, comunicação e conscientização pública sobre a importância ambiental, social e económica desses ecossistemas.

Ligar comunidades em atividades económicas sustentáveis, tais como: ecoturismo, turismo científico, pesca sustentável, etc.

Reconhecimento e preservação dos valores culturais e espirituais associados aos manguezais e estuários.

Fortalecer as capacidades e conhecimentos ancestrais na gestão destes ecossistemas.

Garantir o investimento, financiamento e gestão em investigação direcionada e capacitação para estuários e manguezais para melhor compreender a dinâmica destes ecossistemas e orientar a tomada de decisões com base em evidências científicas.

AÇÃO COMUNITÁRIA DE ESTUÁRIOS E MANGUEZAIS

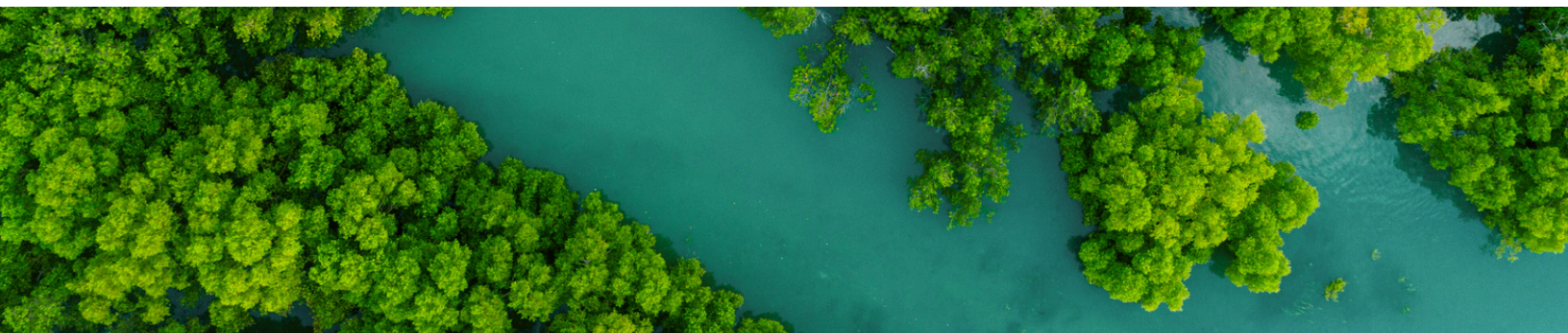


Referências

- 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., Christofolletti, 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-Kinga, L. F., Alarcón-López, C., Prietoc, J., Garcíad, 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/BATLEZ>



Instituto Interamericano para a Pesquisa em Mudanças Globais - www.iai.int

✉ marcella.ohira@dir.iai.int

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

✉ ediaz@coiba.org.pa

