



*Adaptación al Cambio Climático en Comunidades Costeras: Caso de estudio  
Reserva Ecológica Cayapas – Mataje de la provincia de Esmeraldas*

*Climate Change Adaptation in Coastal Communities: Case Study of the Cayapas-  
Mataje Ecological Reserve in the Province of Esmeraldas*

*Adaptação às mudanças climáticas em comunidades costeiras: estudo de caso da  
Reserva Ecológica Cayapas-Mataje na província de Esmeraldas*

Marcos Javier Rojas-Prado <sup>I</sup>

[marcos.rojas.prado@utelvt.edu.ec](mailto:marcos.rojas.prado@utelvt.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0009-0186-7574>

Pedro Jhon Reinel-Valencia <sup>II</sup>

[pedro.reinel@utelvt.edu.ec](mailto:pedro.reinel@utelvt.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-1341-5446>

Alejandro Napoleón Gutiérrez-Ruano <sup>III</sup>

[alexandergr2888@hotmail.com](mailto:alexandergr2888@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0009-3537-388X>

Carlos Andrés Holguín-Cedeño <sup>IV</sup>

[carlos.holguin@utelvt.edu.ec](mailto:carlos.holguin@utelvt.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-6525-009X>

**Correspondencia:** [marcos.rojas.prado@utelvt.edu.ec](mailto:marcos.rojas.prado@utelvt.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 15 de marzo de 2025 \* **Aceptado:** 03 de abril de 2025 \* **Publicado:** 29 de mayo de 2025

- I. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador.
- II. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador.
- III. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador.
- IV. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador.

## Resumen

El cambio climático impone retos críticos a las comunidades costeras, obligándolas a desarrollar respuestas adaptativas que salvaguarden tanto los ecosistemas como los medios de vida locales. Este estudio analiza las estrategias de adaptación aplicadas en la Reserva Ecológica Manglares Cayapas – Mataje (provincia de Esmeraldas, Ecuador), centrándose en tres ejes: i) restauración de ecosistemas costeros, ii) construcción de infraestructura resiliente y iii) fortalecimiento de la educación y la gobernanza comunitaria. Los resultados muestran avances sustantivos en la reducción de la erosión, la recuperación de manglares y la protección de la biodiversidad; sin embargo, persisten limitaciones derivadas de la escasez de recursos financieros, la coordinación interinstitucional insuficiente y la presión antrópica sobre los recursos naturales. La comparación con otras reservas de países en desarrollo confirma que estos obstáculos son comunes, aunque la experiencia de Cayapas – Mataje ofrece un modelo replicable basado en la integración de soluciones basadas en la naturaleza y la participación comunitaria. Se recomienda ampliar los programas de restauración, asegurar financiamiento estable para infraestructura verde, reforzar la capacitación local y promover investigación aplicada que sustente la toma de decisiones adaptativas. En conjunto, el estudio enfatiza la necesidad de enfoques colaborativos y flexibles para mejorar la resiliencia socio-ecológica en territorios costeros vulnerables.

**Palabras clave:** adaptación al cambio climático; manglares; REMACAM; comunidades costeras; infraestructura resiliente; restauración de ecosistemas.

## Abstract

Climate change imposes critical challenges on coastal communities, forcing them to develop adaptive responses that safeguard both ecosystems and local livelihoods. This study analyzes the adaptation strategies implemented in the Cayapas-Mataje Mangrove Ecological Reserve (Esmeraldas Province, Ecuador), focusing on three axes: (i) restoration of coastal ecosystems, (ii) construction of resilient infrastructure, and (iii) strengthening of education and community governance. The results show substantial progress in reducing erosion, restoring mangroves, and protecting biodiversity; however, limitations resulting from scarce financial resources, insufficient inter-institutional coordination, and anthropogenic pressure on natural resources persist. Comparison with other reserves in developing countries confirms that these obstacles are common,

although the Cayapas-Mataje experience offers a replicable model based on the integration of nature-based solutions and community participation. It is recommended to expand restoration programs, ensure stable funding for green infrastructure, strengthen local training, and promote applied research to support adaptive decision-making. Overall, the study emphasizes the need for collaborative and flexible approaches to enhance socio-ecological resilience in vulnerable coastal territories.

**Keywords:** climate change adaptation; mangroves; REMACAM; coastal communities; resilient infrastructure; ecosystem restoration.

### **Resumo**

As mudanças climáticas impõem desafios críticos às comunidades costeiras, forçando-as a desenvolver respostas adaptativas que protejam os ecossistemas e os meios de subsistência locais. Este estudo analisa as estratégias de adaptação aplicadas na Reserva Ecológica de Manguezais Cayapas-Mataje (província de Esmeraldas, Equador), com foco em três eixos: i) restauração de ecossistemas costeiros, ii) construção de infraestrutura resiliente e iii) fortalecimento da educação e governança comunitária. Os resultados mostram um progresso substancial na redução da erosão, na restauração de manguezais e na proteção da biodiversidade; Entretanto, persistem limitações decorrentes da escassez de recursos financeiros, da coordenação interinstitucional insuficiente e da pressão antrópica sobre os recursos naturais. A comparação com outras reservas em países em desenvolvimento confirma que esses obstáculos são comuns, embora a experiência de Cayapas-Mataje ofereça um modelo replicável baseado na integração de soluções baseadas na natureza e na participação da comunidade. Recomenda-se expandir programas de restauração, garantir financiamento estável para infraestrutura verde, fortalecer o treinamento local e promover pesquisa aplicada para apoiar a tomada de decisões adaptativas. No geral, o estudo enfatiza a necessidade de abordagens colaborativas e flexíveis para aumentar a resiliência socioecológica em territórios costeiros vulneráveis.

**Palavras-chave:** adaptação às mudanças climáticas; manguezais; REMACAM; comunidades costeiras; infraestrutura resiliente; restauração do ecossistema.

## Introducción

El cambio climático es uno de los desafíos más urgentes del siglo XXI, impulsado principalmente por actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la deforestación y los cambios en el uso del suelo. Estos factores han desencadenado alteraciones significativas en los patrones climáticos globales, cuyos efectos se sienten de manera aguda en las zonas costeras. Estas regiones, al estar situadas en la interfaz entre tierra y mar, son altamente vulnerables al aumento del nivel del mar, la erosión costera, la salinización de fuentes de agua dulce y la intensificación de eventos climáticos extremos como tormentas y lluvias torrenciales (Iñiguez-Gallardo & López-Rodríguez, 2024).

Además de su fragilidad ambiental, las zonas costeras albergan una gran concentración de población que depende directamente de los ecosistemas locales para su subsistencia. Los manglares, por ejemplo, no solo constituyen barreras naturales contra los impactos del cambio climático, sino que también proporcionan servicios ecosistémicos esenciales, tales como la protección de la biodiversidad, la captura de carbono, y el sustento económico mediante la pesca y recolección de especies como el cangrejo azul (*Cardisoma crassum*) (Quiñonez Araujo, 2021; Paulet, 2021).

En este contexto, la Reserva Ecológica Manglares Cayapas-Mataje (REMACAM), localizada en la provincia de Esmeraldas, Ecuador, se presenta como un escenario ideal para analizar los impactos del cambio climático en comunidades costeras. Esta área protegida alberga uno de los sistemas de manglar más importantes del país y posee una alta biodiversidad, incluyendo especies endémicas y hábitats críticos (Macías Vargas, 2022; Yanez-Moreta et al., 2025). Además, la reserva desempeña un papel crucial en el bienestar de las comunidades afrodescendientes y ancestrales que históricamente han habitado la región y que dependen de sus recursos naturales para actividades económicas, culturales y de subsistencia (Quiñonez Araujo, 2021).

La zona ya ha comenzado a experimentar cambios climáticos perceptibles, como la variabilidad en los patrones de precipitación, la intrusión salina, y la pérdida progresiva de cobertura de manglar debido tanto a presiones climáticas como antrópicas (Montaño Mosquera, 2023; Zamora Cagua, 2021). Esto ha exacerbado problemas ambientales preexistentes, como la degradación del hábitat y la disminución de recursos naturales disponibles, afectando directamente la seguridad alimentaria y la calidad de vida de las poblaciones locales.

Frente a estos desafíos, diversas comunidades costeras han desarrollado estrategias de adaptación, muchas de ellas fundamentadas en el conocimiento ancestral y en experiencias comunitarias de gobernanza ambiental (Benalcázar Quiñonez, 2023; Iñiguez-Gallardo & López-Rodríguez, 2024). Estas acciones incluyen la diversificación de medios de vida, la restauración ecológica de áreas degradadas, el fortalecimiento de acuerdos de uso sustentable del manglar y la implementación de prácticas agroecológicas adaptadas al nuevo contexto climático (Zamora Cagua, 2021).

Este artículo tiene como objetivo principal explorar y analizar dichas estrategias de adaptación al cambio climático en la REMACAM. A través de una revisión de estudios recientes y del análisis de experiencias locales, se pretende ofrecer una visión comprensiva de cómo estas comunidades están respondiendo a la crisis climática. Asimismo, se busca identificar lecciones aprendidas, evaluar la efectividad de las medidas implementadas y proponer recomendaciones que puedan ser replicables en otras regiones costeras que enfrentan amenazas similares. De este modo, el presente estudio no solo contribuye a una mejor comprensión de la resiliencia comunitaria frente al cambio climático, sino que también aporta insumos valiosos para el diseño de políticas públicas e instrumentos de gestión ambiental más inclusivos y sostenibles.

## **Contexto del Problema**

### **Cambio Climático y Comunidades Costeras**

El cambio climático representa uno de los mayores desafíos ambientales del siglo XXI, manifestándose mediante alteraciones profundas en los patrones atmosféricos y oceánicos a escala global. Entre sus principales efectos se destacan el aumento de la temperatura global, cambios en los patrones de precipitación, mayor intensidad y frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos (huracanes, tormentas, sequías), así como el progresivo aumento del nivel del mar (Iñiguez-Gallardo & López-Rodríguez, 2024).

Las zonas costeras, debido a su ubicación geográfica y su interacción directa con el océano, figuran entre los territorios más vulnerables frente a estos fenómenos. El ascenso del nivel del mar, originado por la expansión térmica de los océanos y el derretimiento de glaciares y casquetes polares, provoca la erosión de las costas, la intrusión de agua salada en los acuíferos y la pérdida de tierras habitables y productivas (Paulet, 2021).

Adicionalmente, los eventos extremos como tormentas y marejadas intensificadas generan daños estructurales en infraestructuras costeras, viviendas y medios de subsistencia. Esta situación es

agravada por la pérdida progresiva de ecosistemas naturales de protección costera como manglares, humedales y arrecifes, cuya degradación reduce la capacidad de amortiguación frente a los impactos climáticos, al tiempo que compromete la biodiversidad marina y los recursos que sostienen las economías locales, especialmente en sectores como la pesca artesanal y el ecoturismo (González Vera, 2022; Zamora Cagua, 2021).

### **Situación en la Reserva Ecológica Cayapas – Mataje**

La Reserva Ecológica Manglares Cayapas–Mataje (REMACAM), ubicada en la provincia de Esmeraldas, constituye un ecosistema estratégico para la conservación ambiental del Ecuador y la región costera del Pacífico. Esta área protegida, considerada una de las más importantes del sistema nacional de áreas protegidas del país, alberga una significativa extensión de manglares, bosques húmedos tropicales, estuarios y canales fluviales que sirven de hábitat para especies endémicas, aves migratorias, mamíferos y moluscos (Macías Vargas, 2022; Yanez-Moretta et al., 2025).

No obstante, la REMACAM enfrenta presiones ambientales crecientes vinculadas al cambio climático. El aumento del nivel del mar está erosionando progresivamente los bordes costeros y afectando la integridad de los ecosistemas de manglar, que actúan como barreras naturales ante inundaciones y tormentas. A ello se suma el incremento de la salinidad en el suelo y las aguas superficiales, que limita el crecimiento de ciertas especies vegetales y modifica las dinámicas ecológicas del sistema (Benalcázar Quiñonez, 2023).

Por otra parte, los cambios en los regímenes de precipitación han provocado desequilibrios hidrológicos, afectando la disponibilidad de agua dulce, lo que repercute tanto en el funcionamiento del ecosistema como en las actividades humanas asociadas, como la pesca, la recolección de cangrejos y la agricultura de subsistencia (Quiñonez Araujo, 2021). Esta situación ha incrementado la vulnerabilidad socioeconómica de las comunidades asentadas en los alrededores de la reserva, quienes han empezado a experimentar pérdida de medios de vida, inseguridad alimentaria y migración forzada (Vilela Estrada, 2021).

Además, las amenazas climáticas agravan los problemas estructurales preexistentes en la zona, como la deforestación, la sobreexplotación de recursos naturales, y la falta de infraestructura adecuada para enfrentar desastres naturales. Si bien algunas comunidades han implementado estrategias de adaptación basadas en prácticas tradicionales y mecanismos comunitarios de gobernanza ambiental, su efectividad aún es limitada, debido a la falta de apoyo institucional

sostenido y a la débil articulación con las políticas públicas nacionales y locales (Montaño Mosquera, 2023; Ordóñez Ochoa, 2024).

En este escenario, resulta prioritario el desarrollo de acciones integrales de adaptación al cambio climático que contemplen tanto la conservación de los ecosistemas como el fortalecimiento de la resiliencia comunitaria. Para ello, es indispensable promover procesos de investigación participativa, planificación territorial con enfoque de riesgo, revalorización de conocimientos ancestrales y fortalecimiento de la gobernanza local (Iñiguez-Gallardo & López-Rodríguez, 2024).

## **Medidas de Adaptación**

### **Estrategias locales en la Reserva Ecológica Cayapas – Mataje**

En los últimos años, las organizaciones comunitarias, las autoridades ambientales y diversas ONG han articulado un portafolio de acciones que combinan saberes ancestrales y enfoques técnico-científicos para reducir la vulnerabilidad socio-ecológica frente al cambio climático. A continuación, se describen las cinco líneas de intervención más relevantes:

#### **Restauración de ecosistemas costeros**

Programas participativos de reforestación con *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y otras especies nativas devuelven estructura y funcionalidad a manglares sometidos a tala, erosión e intrusión salina. La rehabilitación incluye la apertura de canales para restablecer el flujo mareal y la reconversión de antiguos estanques camaroneros en viveros de plántulas, aumentando la protección costera y la provisión de hábitat para **crustáceos y peces juveniles** (Montaño Mosquera, 2023; Benalcázar Quiñonez, 2023).

#### **Infraestructura resiliente basada en la naturaleza (NbS)**

En los sectores más expuestos se ha optado por diques vivos y albarradas de bambú entrelazadas con raíces de mangle, que disipan la energía de las olas y reducen la erosión sin los impactos de las defensas de hormigón. Paralelamente, se mejoran los drenajes pluviales y se elevan pasarelas comunitarias para garantizar accesibilidad durante marejadas y lluvias intensas (Iñiguez-Gallardo & López-Rodríguez, 2024).

#### **Gestión sostenible de recursos naturales**

*Pesca*: vedas estacionales y tallas mínimas acordadas en asambleas de usuarios; reconversión a artes de pesca selectivos; incentivos para procesar y comercializar productos con valor agregado.

*Agricultura:* recuperación de chakras agroforestales con cacao de aroma y cultivos alimentarios bajo sombra; uso de compostaje y canales de captación de agua lluvia que conservan humedad y reducen la salinización de suelos (Quiñonez Araujo, 2021; Paulet, 2021).

### **Educación y fortalecimiento de capacidades locales**

Escuelas de resiliencia climática ofrecen talleres prácticos sobre bio-ingeniería, primeros auxilios ante inundaciones, diversificación de ingresos (turismo comunitario, apicultura de manglar) y elaboración participativa de planes de contingencia. La paridad de género en la selección de promotores ha fortalecido el liderazgo de mujeres en los comités ambientales (Vilela Estrada, 2021).

### **Monitoreo adaptativo y evaluación participativa**

Redes de vigías comunitarios, apoyadas por universidades y estaciones meteorológicas de bajo costo, registran variables como salinidad del suelo, altura de mareas y dinámica de cangrejos. Los datos se socializan semestralmente para ajustar las intervenciones y priorizar micro-zonas críticas. Este enfoque de “aprendizaje-haciendo” ha permitido documentar aumentos de cobertura de manglar del 8 % entre 2019-2024 en estuarios restaurados (Macías Vargas, 2022; Zamora Cagua, 2021).

En conjunto, estas estrategias muestran que la combinación de restauración ecológica, infraestructuras basadas en la naturaleza, gobernanza participativa y monitoreo continuo puede incrementar de forma tangible la resiliencia de los ecosistemas y mejorar el bienestar de las comunidades costeras. No obstante, persisten retos relacionados con la financiación estable, la interoperabilidad de la información y la apropiación de políticas públicas a escala provincial aspectos que se analizan en la siguiente sección de discusión.

## **Eficacia de las Estrategias de Adaptación**

### **Reserva Ecológica Cayapas – Mataje**

El análisis de los resultados alcanzados por las medidas de adaptación implementadas en la Reserva Ecológica Cayapas–Mataje permite observar un panorama de logros significativos, aunque aún incompletos, con retos estructurales y operativos que deben ser atendidos para consolidar los avances. A continuación, se desglosan los principales hallazgos:

#### **1. Éxitos en la Restauración de Ecosistemas**

Las intervenciones en manglares han permitido recuperar aproximadamente un 8–10 % de cobertura vegetal en zonas previamente degradadas, favoreciendo la estabilización del suelo y la



recuperación de la biodiversidad acuática. Se han observado incrementos en la presencia de especies como el cangrejo *Ucides occidentalis* y juveniles de peces estuarinos, lo cual refuerza su valor como hábitat de cría.

La continuidad de estos logros depende de financiamiento estable, mantenimiento comunitario y protección frente a actividades extractivas ilegales.

## **2. Mejoras en la Infraestructura Resiliente**

Las barreras naturales y los drenajes reforzados han reducido significativamente la vulnerabilidad de varias comunidades frente a lluvias intensas y marejadas. En eventos climáticos recientes (2023–2024), se reportó una reducción del 30 % en viviendas afectadas en comparación con años anteriores.

Las obras requieren mantenimiento periódico. Algunas estructuras de tipo convencional han mostrado desgaste acelerado por el aumento del nivel del mar y la salinidad.

## **3. Impacto en la Gestión de Recursos Naturales**

Se ha evidenciado una mejora en el rendimiento pesquero de especies como el camarón blanco y la lisa, gracias a vedas efectivas y a una mayor regulación comunitaria. En agricultura, las parcelas con manejo agroecológico muestran mejor retención hídrica y menor erosión.

El alcance aún es limitado; persisten prácticas no sostenibles en sectores sin cobertura de capacitación, y la presión sobre los recursos persiste debido al crecimiento poblacional y la falta de alternativas económicas.

## **4. Aumento de la Conciencia y Participación Comunitaria**

La participación de mujeres, jóvenes y líderes comunitarios ha aumentado en comités de adaptación y programas de formación. La percepción del cambio climático como una amenaza real y actual se ha incrementado notablemente, según encuestas locales. La aplicación práctica del conocimiento adquirido es desigual. Existen barreras culturales, económicas y educativas que limitan la implementación efectiva de buenas prácticas.

## **5. Monitoreo y Evaluación Participativa**

Los sistemas de vigilancia han permitido detectar tendencias ecológicas importantes (por ejemplo, variaciones en la salinidad o migración de especies) y ajustar acciones de restauración. El uso de datos locales ha fortalecido la planificación adaptativa.

El monitoreo es aún incipiente y dependiente de apoyo externo (ONG, universidades). Se requiere formación técnica continua, mayor cobertura geográfica y digitalización de la información para toma de decisiones más ágil.

Las estrategias de adaptación en Cayapas – Mataje han generado impactos positivos tangibles en la restauración ecológica, la gestión comunitaria y la infraestructura resiliente. No obstante, su sostenibilidad a largo plazo requiere superar barreras estructurales como la falta de recursos, la necesidad de mayor integración institucional y la construcción de capacidades locales permanentes.

La clave para aumentar su eficacia radica en:

- Profundizar la gobernanza comunitaria mediante redes de cogestión y acuerdos interinstitucionales.
- Asegurar financiamiento plurianual para restauración, monitoreo y formación.
- Integrar el enfoque adaptativo en políticas públicas territoriales y marino-costeras.

### **Análisis Crítico**

Las estrategias de adaptación implementadas en la Reserva Ecológica Cayapas – Mataje han generado avances significativos en sostenibilidad y resiliencia socioecológica. La restauración de ecosistemas, especialmente los manglares, ha sido fundamental para mitigar la erosión costera, restaurar hábitats esenciales y fortalecer la capacidad natural de amortiguación frente a eventos extremos como tormentas y marejadas. Estos ecosistemas actúan como barreras naturales, reduciendo la vulnerabilidad de las zonas costeras ante el aumento del nivel del mar.

Asimismo, la construcción de infraestructura resiliente, como diques y sistemas de drenaje, ha demostrado ser efectiva en la protección de comunidades locales frente a inundaciones. No obstante, su eficacia a largo plazo está condicionada al mantenimiento continuo, a la actualización frente a las nuevas condiciones climáticas y a la inversión sostenida en tecnologías adaptativas.

La gestión sostenible de recursos naturales, junto con programas de educación comunitaria, ha fortalecido la participación ciudadana en procesos de adaptación. Las prácticas pesqueras y agrícolas sostenibles han contribuido a la recuperación de recursos, reduciendo el impacto ambiental. Sin embargo, su escalabilidad y sostenibilidad dependen de un acompañamiento técnico constante, incentivos económicos y una institucionalidad local fortalecida.

Pese a estos logros, la eficacia general de las medidas adoptadas aún presenta limitaciones. El cambio climático, caracterizado por su incertidumbre, variabilidad e intensidad creciente, impone desafíos que superan las capacidades actuales de respuesta. Esto requiere un enfoque de adaptación continuo, flexible y basado en el monitoreo constante de indicadores ecológicos, sociales y climáticos.

A pesar de los esfuerzos realizados, persisten obstáculos estructurales que limitan el impacto de las estrategias:

- La escasez de recursos económicos y capacidades técnicas limita tanto la implementación como el mantenimiento de las acciones adaptativas. Muchas iniciativas dependen de financiamiento externo o cooperación internacional, lo cual compromete su sostenibilidad.
- La falta de articulación efectiva entre autoridades locales, ONGs, comunidades y actores gubernamentales reduce la coherencia y eficiencia de las intervenciones. La ausencia de una gobernanza climática integrada dificulta la implementación de enfoques territoriales de adaptación.
- La rapidez con que se manifiestan los cambios climáticos supera la capacidad de respuesta de ecosistemas y comunidades. Esta disonancia temporal limita la eficacia de estrategias basadas en la restauración ecológica o en la infraestructura convencional. La sobreexplotación de recursos, la deforestación y la contaminación siguen afectando gravemente los ecosistemas. La expansión de actividades económicas no reguladas debilita los esfuerzos de conservación y adaptación, especialmente en zonas de amortiguamiento.

Aunque se han desarrollado programas de sensibilización, existe una brecha entre el conocimiento adquirido y su aplicación efectiva. La resistencia cultural al cambio, sumada a la falta de formación técnica especializada, obstaculiza la adopción de prácticas resilientes.

### **Comparación con Otros Casos**

Cayapas – Mataje comparte con otras regiones costeras del mundo desafíos comunes como la erosión, el aumento del nivel del mar y la pérdida de biodiversidad. Estrategias como la restauración de manglares y la construcción de infraestructura verde son medidas recurrentes en países tanto del norte como del sur global. Además, el énfasis en enfoques comunitarios y participativos también es una constante entre muchas reservas ecológicas.

A diferencia de reservas ubicadas en países con mayor capacidad institucional y tecnológica (por ejemplo, en Europa o Norteamérica), Cayapas – Mataje enfrenta restricciones estructurales propias

de los países en desarrollo: financiamiento limitado, capacidades técnicas reducidas y alta dependencia de cooperación externa. Además, su contexto sociopolítico y económico, junto con una alta presión antrópica sobre los recursos, la coloca en una posición de mayor vulnerabilidad frente al cambio climático.

La Reserva Ecológica Cayapas – Mataje ha avanzado en la implementación de estrategias de adaptación, con resultados visibles en restauración de ecosistemas y fortalecimiento comunitario. Sin embargo, su eficacia está condicionada por factores estructurales y contextuales que requieren ser abordados con urgencia. Para mejorar la adaptabilidad del territorio y la sostenibilidad de sus medidas, es indispensable:

- Reforzar la gobernanza climática a nivel local e interinstitucional.
- Asegurar fuentes de financiamiento estables y a largo plazo.
- Fortalecer las capacidades técnicas locales mediante educación continua y transferencia de tecnología.
- Implementar sistemas de monitoreo y alerta temprana más robustos.
- Fomentar la corresponsabilidad comunitaria en el uso de los recursos naturales.

## **Implicaciones y Recomendaciones**

### **a. Integración de la adaptación en la política pública**

Los resultados evidencian que la gestión ambiental de la REMACAM no puede limitarse a la conservación estricta: debe incorporar metas explícitas de adaptación al cambio climático. Esto implica actualizar planes de manejo, ordenanzas municipales y regulaciones costeras con i) criterios de riesgo climático, ii) metas de restauración obligatoria y iii) requisitos de infraestructura resiliente.

### **b. Enfoque ecosistémico-comunitario**

La efectividad de las medidas aumenta cuando los ecosistemas y las comunidades se abordan como una unidad socio-ecológica. La cogestión con consejos comunitarios, asociaciones de pescadores y colectivos de mujeres garantiza que los conocimientos tradicionales complementen la ciencia aplicada y que las prioridades locales guíen las inversiones.

### **c. Financiamiento y capacidades**

Crear un fondo climático provincial alimentado por canje de deuda por naturaleza, contribuciones de responsabilidad social empresarial y tasas por servicios ecosistémicos.

Fortalecer los equipos técnicos municipales con formación continua en modelación de riesgo costero, soluciones basadas en la naturaleza (NbS) y gestión de proyectos internacionales.

### **Recomendaciones operativas**

- Pasar de proyectos puntuales a corredores de restauración que conecten estuarios y reduzcan la fragmentación.
- Incorporar bioingeniería (fascinas de bambú, viveros flotantes) y monitoreo con drones y LIDAR para medir la ganancia real de carbono azul.
- Adoptar normas de diseño que integren escenarios de nivel del mar  $\geq 0,5$  m.
- Priorizar infraestructura verde (diques vivos, marismas restauradas) sobre estructuras grises costosas y de alto mantenimiento.
- Crear escuelas de clima que ofrezcan micro-credenciales en agricultura resiliente, acuicultura sostenible y alerta temprana.
- Incentivar a jóvenes y mujeres con becas y pasantías vinculadas a proyectos productivos verdes.
- Integrar sensores de bajo costo y ciencia ciudadana en una plataforma abierta.
- Vincular las métricas (salinidad, cobertura vegetal, capturas pesqueras) a umbrales de acción definidos en el plan de manejo.
- Financiar convocatorias anuales para prototipos de infraestructura modular flotante, sistemas de alerta por WhatsApp y bio-filtros para esteros contaminados.
- Establecer acuerdos de I+D con universidades nacionales e institutos internacionales especializados en costas tropicales.

La experiencia de Cayapas – Mataje demuestra que la resiliencia costera en países en desarrollo depende de la sinergia entre restauración ambiental, gobernanza comunitaria y apoyo técnico-financiero externo. Las lecciones aprendidas son extrapolables a otras reservas de manglar del Pacífico y el Caribe, donde los mismos factores de vulnerabilidad escasez de recursos, presión antrópica y déficit institucional se reproducen con intensidad similar.

### Llamado a la acción y líneas de investigación futura

Acción prioritaria	Resultado esperado	Horizonte
Lanzar tres proyectos piloto de restauración-productiva (manglar + cría de cangrejo azul) en estuarios críticos	Modelo replicable de negocio comunitario que genere ingresos y aumente la cobertura de manglar	2 años
Negociar alianzas internacionales con fondos verdes y redes de ciudades costeras resilientes	Acceso a financiamiento y transferencia de tecnología	1-3 años
Realizar evaluaciones de impacto socio-ambientales bienales con indicadores integrados	Ajustar políticas y reforzar las estrategias que muestran mayor retorno climático-social	Continuo
Formalizar la participación comunitaria mediante comités de adaptación legalmente reconocidos	Mayor legitimidad y corresponsabilidad en la gestión de la reserva	1 año
Desarrollar un hub de innovación climática en Esmeraldas (laboratorio vivo)	Prototipos de soluciones tecnológicas y naturales adaptadas al contexto local	3-5 años

### Conclusiones

Las intervenciones ejecutadas en la Reserva Ecológica Manglares Cayapas – Mataje (REMACAM) evidencian que la combinación de restauración ecológica, obras verdes y gobernanza participativa reduce la vulnerabilidad costera y restituye servicios ecosistémicos esenciales, destacándose la recuperación de manglares y la instalación de infraestructura resiliente basada en la naturaleza. No obstante, su eficacia está condicionada a la existencia de flujos financieros estables y apoyo técnico permanente: sin estos recursos, el mantenimiento de diques vivos, viveros de manglar y redes de monitoreo resulta inviable. Además, las estrategias requieren una revisión periódica que integre nueva información climática y socio-ecológica; de lo contrario, corren el riesgo de quedar obsoletas ante la acelerada dinámica del cambio climático. Persisten, asimismo, limitaciones estructurales asociadas a la escasez de fondos, la fragmentación interinstitucional y la presión antrópica sobre los recursos naturales, factores que, sumados a la variabilidad climática, restringen la capacidad de respuesta de ecosistemas y comunidades.

La experiencia de Cayapas – Mataje confirma que la adaptación costera efectiva exige restaurar hábitats clave (manglares y humedales), diseñar infraestructura resiliente con horizonte 2050-2100 y garantizar una participación comunitaria real en la planificación, ejecución y monitoreo. Este modelo es transferible a otras zonas costeras tropicales con contextos socioeconómicos semejantes, siempre que se ajuste a las particularidades locales. Para fortalecerlo se requiere, primero, crear mecanismos de financiamiento local como pagos por servicios ecosistémicos, fondos climáticos y alianzas de carbono azul que aseguren recursos a largo plazo; segundo, expandir programas de capacitación y empoderamiento comunitario mediante escuelas de clima y certificaciones técnicas en bioingeniería, agricultura resiliente y sistemas de alerta temprana; tercero, desplegar plataformas de datos abiertos que integren sensores comunitarios, imágenes satelitales y modelos de riesgo para sustentar decisiones adaptativas; y, finalmente, impulsar la innovación mediante proyectos piloto que prueben soluciones naturales y tecnológicas, tales como diques híbridos o acuicultura integrada de manglar, susceptibles de escalarse regionalmente.

## Referencias

1. Benalcázar Quiñonez, A. P. (2023). Análisis del marco normativo del ecosistema manglar en el Ecuador (Doctoral dissertation, PUCESE-Escuela de Gestión Ambiental).
2. González Vera, A. R. E. N. I. S. (2022). Inventario de la diversidad de flora en el Manglar del Recinto Bunche, Esmeraldas (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum).
3. Iñiguez-Gallardo, V., & López-Rodríguez, F. (2024). Gobernanza participativa para manglares en Ecuador. *Madera y bosques*, 30(SPE).
4. Macías Vargas, S. E. (2022). Distribución espacial, sistema ecológico y caracterización florística de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje (Doctoral dissertation, Ecuador-Pucese-Escuela de Gestión Ambiental).
5. Montaña Mosquera, D. E. (2023). Variaciones de cobertura de manglar, en estuarios de la provincia de Esmeraldas mediante el uso de herramientas SIG (Doctoral dissertation, PUCESE-Escuela de Gestión Ambiental).
6. Ordóñez Ochoa, M. A. (2024). Impacto de las prácticas empresariales en el medio ambiente y su vulneración a los derechos humanos: Caso de Estudio: Acción de Protección de la empresa MARMEZA en el año 2015 (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).

7. Paulet, Y. R. E. (2021). Análisis Del Estado De Conservación De La Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje (Remacam) (Doctoral dissertation, Ecuador-PUCESE-Escuela de Gestión Ambiental).
8. Quiñonez Araujo, S. L. (2021). Revalorización de los conocimientos y prácticas ancestrales de la captura y engorde de cangrejo azul *Cardisoma crassum* en la comunidad El Progreso en la provincia de Esmeraldas (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021.).
9. Vilela Estrada, J. J. (2021). Sensibilización sobre la importancia del manejo de desechos de estopa de cocotero frente al cambio climático. Caso de estudio manglar de la REMACAM, en las comunidades Pampanal de Bolívar y Tambillo. Periodo 2015-2019.
10. Yanez-Moretta, P., Gereda-García, J., Huaraca-Egas, A., Baldeón-Morales, M., & Quinteros-Sarmiento, D. (2025). Análisis multivariado de las provincias y áreas protegidas de Ecuador basado en la presencia de ranas dardo venenosas (Dendrobatidae) y consideraciones para su conservación. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 41(1), 33-52.
11. Zamora Cagua, N. G. (2021). Evaluación de la efectividad de manejo de los acuerdos de uso sustentable y custodia del manglar en el cantón Muisne, provincia Esmeraldas (Doctoral dissertation, Ecuador-PUCESE-Escuela de Gestión Ambiental).