

RESEARCH ARTICLE

Desafíos y estrategias de adaptación al cambio climático en las áreas protegidas de Manabí

Yamel de las Mercedes Álvarez Gutiérrez¹   Arturo Andrés Hernández Escobar¹ 
Alex Joffre Quimís Gómez¹  Margarita Jesus Lino García¹ 

¹ Universidad Estatal del Sur de Manabí, KM 1 ½ VÍA JIPIJAPA-NOBOA – CAMPUS LOS ÁNGELES, Ecuador.

 Correspondencia: yamel.alvarez@unesum.edu.ec  + 593 992379901

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj710100>

Resumen: Este estudio aborda el impacto del cambio climático en las áreas protegidas de Manabí, empleando un enfoque mixto para evaluar efectos en la biodiversidad y ecosistemas. A través de métodos cualitativos y cuantitativos, se identificó una disminución notable en la biodiversidad, atribuible a alteraciones climáticas. La discusión compara estos resultados con investigaciones previas, resaltando la importancia de implementar estrategias de adaptación contextualizadas. La conclusión enfatiza la necesidad crítica de una acción coordinada para la conservación, instando a la colaboración entre diversas entidades y la continuación de la investigación para combatir los impactos negativos del cambio climático, proponiendo un marco para futuros esfuerzos de conservación y adaptación en la región.

Palabras claves: Medio ambiente, Cambio climático, Área protegida, Biodiversidad.

Challenges and strategies for adaptation to climate change in Manabí's protected areas

Abstract: This study addresses the impact of climate change in the protected areas of Manabí, using a mixed approach to evaluate effects on biodiversity and ecosystems. Through qualitative and quantitative methods, a notable decrease in biodiversity, attributable to climatic alterations, was identified. The discussion compares these results with previous research, highlighting the importance of implementing contextualized adaptation strategies. The conclusion emphasizes the critical need for coordinated conservation action, urging collaboration among diverse entities and continued research to combat the negative impacts of climate change, and proposing a framework for future conservation and adaptation efforts in the region.

Keywords: Environment, Climate change, Protected area, Biodiversity, Biodiversity.



Cita: Álvarez Gutiérrez, Y. de las M., Hernández Escobar, A. A., Gómez, J. Q., & Lino García, M. J. (2024). Desafíos y estrategias de adaptación al cambio climático en las áreas protegidas de Manabí. Green World Journal, 7(1), 100. <https://doi.org/10.53313/gwj710100>

Received: 10/Oct /2023

Accepted: 12/Jan /2024

Published: 06/Feb /2024

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2024 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

1. Introducción

El cambio climático se ha consolidado como uno de los desafíos ambientales más apremiantes de nuestra era, con impactos profundos y de amplio alcance en los sistemas naturales y humanos a nivel global. Las áreas protegidas, fundamentales para la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos esenciales, no son inmunes a estos cambios. En particular, la provincia de Manabí en Ecuador, conocida por su diversidad ecológica y su importancia para la conservación a nivel nacional e internacional, enfrenta retos significativos derivados del cambio climático. Estos retos incluyen el aumento de temperaturas, alteraciones en los patrones de precipitación y la intensificación de eventos climáticos extremos, que amenazan la integridad de sus ecosistemas y la biodiversidad que albergan (1,2).

La adaptación al cambio climático en las áreas protegidas de Manabí es, por tanto, una prioridad urgente. Esta adaptación implica la implementación de estrategias que no solo busquen mitigar los efectos adversos del cambio climático sino también fortalecer la resiliencia de los ecosistemas y las comunidades humanas que dependen de ellos. Sin embargo, la efectividad de estas estrategias de adaptación está condicionada por la capacidad para enfrentar una serie de desafíos, que van desde la limitación de recursos hasta la necesidad de una gestión integrada y participativa que involucre a todos los actores relevantes (3).

La provincia de Manabí, con su rica biodiversidad, enfrenta la paradoja de ser una de las regiones más vulnerables al cambio climático, a pesar de contribuir mínimamente a sus causas. Los ecosistemas de Manabí, que incluyen bosques secos tropicales, manglares y sistemas marino-costeros, son esenciales para la subsistencia de las comunidades locales y para la economía regional, basada en la agricultura, la pesca y el turismo. La preservación de estas áreas protegidas es crucial no solo para mantener la biodiversidad sino también para asegurar los medios de vida de las poblaciones locales, que son especialmente susceptibles a los impactos del cambio climático (4).

Dentro de este contexto, la adaptación al cambio climático en Manabí requiere un enfoque holístico que aborde tanto la conservación de la biodiversidad como el desarrollo sostenible. Esto implica la implementación de prácticas de manejo adaptativo que puedan ajustarse a las condiciones cambiantes y la promoción de la investigación aplicada para mejorar la comprensión de los impactos del cambio climático en estas áreas protegidas. Además, es fundamental fomentar la educación ambiental y la conciencia sobre el cambio climático entre las comunidades locales y los tomadores de decisiones para construir una base sólida de apoyo a las acciones de adaptación (5).

La planificación e implementación de estrategias de adaptación en Manabí enfrentan desafíos significativos, incluyendo la escasez de datos específicos sobre los impactos del cambio climático a nivel local, la necesidad de fortalecer las capacidades institucionales y técnicas para la gestión de áreas protegidas y la importancia de asegurar la participación activa y el empoderamiento de las comunidades locales en los procesos de toma de decisiones. La colaboración entre instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, la academia y las comunidades locales emerge como un elemento clave para superar estos desafíos, permitiendo el desarrollo de estrategias de adaptación basadas en un profundo conocimiento del contexto local y en un compromiso compartido con la conservación y el desarrollo sostenible (3,4).

Las áreas protegidas de Manabí se encuentran en una encrucijada crítica, enfrentando la urgencia de adaptarse al cambio climático mientras se esfuerzan por conservar su invaluable patrimonio natural y cultural. La integración efectiva de la formación en competencias digitales en los estándares profesionales de enfermería es fundamental para avanzar en la práctica de enfermería y enfrentar los desafíos de la atención sanitaria del siglo XXI. Este artículo ha explorado los desafíos y estrategias de adaptación al cambio climático en estas áreas, destacando la importancia de una gestión adaptativa, la investigación aplicada, la educación ambiental y la colaboración multisectorial como pilares para una adaptación exitosa. La tarea es compleja, pero la urgencia de la situación y la importancia de las áreas protegidas de Manabí para la biodiversidad global y el bienestar humano demandan una acción decidida y conjunta.

2. Materiales y métodos

Este estudio se basa en un enfoque cualitativo, utilizando una metodología de revisión bibliográfica para explorar los desafíos y estrategias de adaptación al cambio climático en las áreas protegidas de Manabí. La revisión se diseñó para identificar, analizar y sintetizar la literatura existente relacionada con el impacto del cambio climático en áreas protegidas y las respuestas de adaptación implementadas a nivel local, regional y global.

La búsqueda de literatura se realizó en varias bases de datos académicas, incluyendo Scopus, Google Scholar y bases de datos específicas de ciencias ambientales y climáticas. La selección de literatura también incluyó informes de organismos internacionales como el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) y programas de conservación relevantes, así como documentos de política y estrategia nacional y regional. Se establecieron criterios de inclusión y exclusión para garantizar la relevancia y calidad de la literatura seleccionada. Se incluyeron artículos de investigación, revisiones, informes de caso y análisis de políticas publicados en los últimos 20 años, que proporcionaran datos empíricos, análisis o discusiones sobre los desafíos del cambio climático y las estrategias de adaptación en áreas protegidas, con especial interés en aquellos centrados en Manabí o contextos comparables. Se excluyeron los documentos que no estaban directamente relacionados con los temas de interés o que no proporcionaban información sustancial sobre las estrategias de adaptación al cambio climático.

La literatura seleccionada se sometió a un análisis de contenido cualitativo para identificar los principales desafíos del cambio climático enfrentados por las áreas protegidas en Manabí y las estrategias de adaptación propuestas o implementadas. Los hallazgos se sintetizaron para proporcionar una visión comprensiva de los desafíos del cambio climático en las áreas protegidas de Manabí y las estrategias de adaptación viables. La síntesis incluyó una evaluación de la efectividad de las estrategias identificadas, las lecciones aprendidas de estudios de caso relevantes y las recomendaciones para fortalecer la resiliencia de estas áreas frente al cambio climático. En el desarrollo de esta investigación se realizó la revisión de distintos documentos y en relación a esto se encontraron datos como los mencionados en la figura 1 y figura 2.

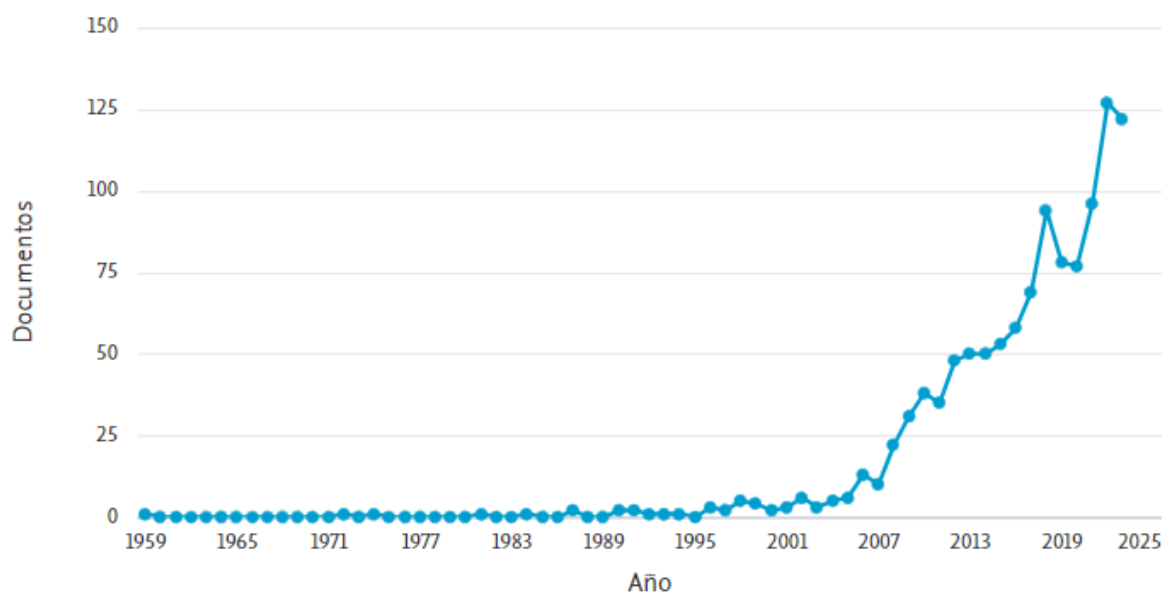


Figura 1. Documentos por año

En la figura 1 se observan las cifras sobre las publicaciones realizadas en los distintos años, donde se presenta un incremento en el número de publicaciones constante esto a partir de 2001 siendo más notorio. Estos incrementos se relacionan con las investigaciones generadas a partir de las iniciativas medioambientales así como por el interés en las causas y consecuencias de estas. Por otro lado en la figura 2, se presenta la información de acuerdo al país de origen de las investigaciones.

[illegible]

Como se trato en la figura 1 y figura 2, el interés y los documentos registrados por los investigadores es latente, y a razón de esto se destacan puntos clave de investigación, siendo las palabras clave alrededor de las cuales se desarrollan las temáticas. Teniendo así a: Cambio climático, Conservación, Cuidado del medio ambiente y otros criterios similares que se desenvuelven dentro de área de estudio de los cambios climáticos y de las estrategias que se toman para el revertir y mantenimiento de los ecosistemas.

3. Resultados

3.1. Impactos del Cambio Climático en Áreas Protegidas

3.1.1. Cambios en la Biodiversidad

Los impactos del cambio climático en la biodiversidad de las áreas protegidas de Manabí son profundos y multifacéticos, afectando tanto a la flora como a la fauna endémicas de la región. Investigaciones recientes han documentado cómo el aumento de temperaturas y los cambios en los patrones de precipitación están alterando los hábitats naturales, lo que a su vez afecta la distribución y supervivencia de especies (6). Estos cambios en el clima han llevado a un desplazamiento altitudinal y latitudinal de especies, buscando condiciones más favorables para su supervivencia, lo que resulta en una reconfiguración de las comunidades ecológicas (7).

La pérdida de hábitats críticos, como los bosques secos y los manglares, ha sido identificada como una de las principales amenazas para la biodiversidad en Manabí. Estos ecosistemas, vitales para muchas especies endémicas, están siendo fragmentados y degradados a un ritmo alarmante, exacerbado por el cambio climático (8). Además, la acidificación de los océanos y el aumento de la temperatura del agua representan serias amenazas para los sistemas marinos y costeros, afectando la salud de los arrecifes de coral y las poblaciones de peces de los que dependen las comunidades locales para su subsistencia (9).

La adaptación de las estrategias de conservación es crucial para mitigar estos impactos. La investigación sugiere la necesidad de implementar medidas de manejo que incluyan la restauración de hábitats degradados, la protección de áreas adicionales que puedan servir como refugios climáticos y el fomento de prácticas agrícolas y pesqueras sostenibles que reduzcan la presión sobre los ecosistemas vulnerables (6,7). Asimismo, es fundamental promover la investigación y el monitoreo continuo de los cambios en la biodiversidad para informar y ajustar las estrategias de conservación en respuesta a las condiciones cambiantes del clima (8).

3.1.1.1. Pérdida de hábitats críticos

La pérdida de hábitats críticos es uno de los impactos más significativos del cambio climático en las áreas protegidas, afectando la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que estos hábitats proporcionan. En Manabí, Ecuador, la degradación de ecosistemas como bosques secos y manglares se ha acelerado, exacerbada por el cambio climático, lo que representa una amenaza directa para la flora y fauna endémicas de la región (3).

Los manglares, vitales para la protección costera y como hábitat de numerosas especies marinas, enfrentan amenazas similares. El aumento del nivel del mar y la intensificación de tormentas y eventos de El Niño contribuyen a la erosión costera y la salinización de los suelos, lo que puede llevar a una disminución significativa de las áreas de manglar en Manabí (3). La pérdida de manglares no solo tiene implicaciones para la biodiversidad sino también para la economía local, afectando la pesca y el turismo.

Ante esta situación, es imperativo implementar estrategias de conservación y restauración que aborden la pérdida de hábitats críticos. Esto incluye la reforestación con especies nativas, la protección legal de áreas adicionales y la promoción de prácticas agrícolas y pesqueras sostenibles que minimicen el impacto humano en estos ecosistemas. Además, es crucial fortalecer los sistemas de monitoreo y vigilancia para detectar cambios en los hábitats y adaptar las estrategias de manejo de manera oportuna.

3.1.1.2. Desplazamiento de especies endémicas

El desplazamiento de especies endémicas debido al cambio climático es un fenómeno global que afecta a diversas formas de vida, desde plantas hasta animales, con consecuencias particularmente graves para los anfibios y especies en hábitats específicos. Los estudios resaltan cómo el cambio climático interfiere en los ecosistemas, forzando a las especies a adaptarse a nuevas condiciones o enfrentar la extinción. En el caso de los anfibios, un estudio menciona que el 40% de estas especies está en riesgo de extinción debido a la deforestación, la expansión agrícola y urbana, y los efectos directos del cambio climático como el aumento de la temperatura y la reducción de precipitaciones en regiones como la Amazonía. Estos cambios ambientales

provocan sequías extremas, impactando dramáticamente en la biodiversidad y en la supervivencia de especies que dependen de ecosistemas acuáticos y de humedad, como los anfibios (10).

Cornelius (11) subraya que el cambio climático es una de las mayores amenazas para el mundo natural, no solo por sus efectos directos sino también por cómo amplifica otras amenazas ya existentes. La competencia entre especies, como el desplazamiento de los zorros del Ártico por los zorros rojos debido al calentamiento del norte, ilustra cómo el cambio climático altera las dinámicas de depredación y supervivencia. Muchas especies se ven forzadas a moverse hacia nuevos hábitats, enfrentándose a la desaparición de nichos ecológicos tradicionales.

Un estudio advierte que las plantas y animales endémicos, que habitan exclusivamente en regiones específicas, son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático. Estas especies, debido a su limitada distribución geográfica y especialización ecológica, enfrentan desafíos significativos para adaptarse o migrar ante condiciones climáticas cambiantes (12). Estos hallazgos destacan la urgente necesidad de acciones de conservación y adaptación al cambio climático para proteger las especies endémicas y la biodiversidad en general. La implementación de estrategias que mitiguen los efectos del cambio climático y preserven los hábitats naturales es crucial para la supervivencia de estas especies y la salud de los ecosistemas globales.

3.1.2. Alteraciones Hidrológicas

3.1.2.1. Cambios en los regímenes de precipitación

Los estudios e informes recientes resaltan cómo el cambio climático está modificando los regímenes de precipitación a nivel global, evidenciando un futuro donde las lluvias se tornarán más irregulares y extremas. Según Boehm y Schumer (13), el último informe del IPCC subraya la urgente necesidad de adaptaciones significativas para enfrentar estos cambios, destacando la adaptación basada en ecosistemas como una solución viable para mejorar la resiliencia frente a los crecientes riesgos climáticos.

Por su parte, Terán (14) informa sobre las concentraciones récord de gases de efecto invernadero y las temperaturas extremas registradas en 2023, lo que subraya los impactos en la criosfera y los niveles del mar, así como en los patrones de precipitación. Estos cambios ya están generando eventos climáticos más severos, incluyendo periodos de sequía prolongada y precipitaciones extremas que resultan en inundaciones devastadoras.

Elcacho (15) también aborda cómo el calentamiento global está intensificando la variabilidad de las precipitaciones, haciendo que las regiones húmedas se vuelvan más húmedas y las secas más secas. Este fenómeno incrementa la frecuencia de eventos extremos como inundaciones y sequías, afectando gravemente a las poblaciones y la infraestructura locales.

Finalmente, un estudio destacado por Blenkinsop (16) concluye que el aumento global de las temperaturas está impulsando un incremento en las precipitaciones extremas y, por ende, un mayor riesgo de inundaciones en diversas partes del mundo. Este hallazgo reitera la importancia de adoptar medidas de adaptación y mitigación para proteger a las comunidades vulnerables y preservar los ecosistemas esenciales para nuestra supervivencia.

3.1.2.2. Efectos en los sistemas acuáticos y recursos hídricos

Picazo (17) habla sobre cómo el cambio climático afecta directamente la disponibilidad de agua potable, la generación de energía, la agricultura y la biodiversidad. Se anticipa que las precipitaciones se vuelvan más irregulares, alternando lluvias torrenciales con largos periodos de sequía, lo cual no solo complica la predicción de la cantidad de agua disponible sino que también deteriora su calidad debido al aumento de la escorrentía que transporta contaminantes hacia ríos y arroyos. A su vez, el aumento de la temperatura del agua reduce los niveles de oxígeno y favorece la proliferación de algas, complicando el tratamiento del agua potable y aumentando su costo.

Jawerth (18) utiliza modelos de balance hídrico basados en isótopos para predecir con fiabilidad el impacto futuro del cambio climático en los recursos hídricos. Estos modelos permiten a los expertos anticipar cambios en la disponibilidad de agua para la toma de decisiones informadas sobre políticas de uso sostenible del agua a largo plazo. El Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de 2020, publicado por la UNESCO

(1), hace hincapié en cómo el cambio climático perjudicará la cantidad y calidad del agua disponible, poniendo en riesgo el derecho al agua potable y saneamiento de miles de millones de personas. El informe llama a un compromiso más profundo de los Estados para enfrentar este desafío, que es crucial para alcanzar el Objetivo de Desarrollo Sostenible N° 6 de garantizar el acceso al agua y saneamiento para todos.

3.1.3. Aumento de Eventos Climáticos Extremos

3.1.3.1. Incidencia de sequías y su impacto en los ecosistemas

La incidencia de las sequías y su impacto en los ecosistemas se está intensificando a nivel global, exacerbada por el cambio climático y prácticas insostenibles en la gestión del agua y la tierra. Los datos revelan un aumento en la frecuencia y severidad de estas sequías, afectando drásticamente los recursos hídricos, la agricultura, la biodiversidad, y aumentando las hambrunas. Se estima que entre el 15% y el 20% de la población de China enfrenta sequías más frecuentes, y se prevé un aumento del 80% en la intensidad de la sequía en el país para 2100. Además, en América Latina y el Caribe, las sequías amenazan a humanos y naturaleza en sitios designados por la UNESCO, impactando el abastecimiento de agua y actividades económicas cruciales para comunidades vulnerables, incluyendo pueblos indígenas (19–21).

La UNESCO advierte sobre un "riesgo inminente de una crisis mundial del agua", con entre dos mil y tres mil millones de personas ya sufriendo escasez de agua. Esta situación podría agravarse en las próximas décadas, especialmente en áreas urbanas, si no se fortalece la cooperación internacional. Actualmente, 2.000 millones de personas no tienen acceso a agua potable y 3.600 millones carecen de saneamiento seguro. La creciente incidencia de sequías extremas y prolongadas estresa los ecosistemas, amenazando especies vegetales y animales (22).

Para combatir estos desafíos, se enfatiza la necesidad de soluciones basadas en la naturaleza, como la restauración del suelo y la gestión sostenible de tierras y agua, junto con prácticas agrícolas respetuosas con el medio ambiente. Estas medidas pueden aumentar la resiliencia global frente a las sequías, reduciendo el impacto en la producción agrícola y en los ingresos de los agricultores. La gestión eficiente del agua y la inversión en sistemas de suministro sostenibles son fundamentales para aumentar la resistencia a la escasez de agua. Además, se destaca la importancia de la cooperación internacional y el intercambio de conocimientos para abordar la crisis del agua de manera efectiva (20).

3.1.3.2. Efectos de tormentas intensas en la infraestructura y la gestión de áreas protegidas

Para abordar los desafíos, es crucial implementar estrategias de resiliencia que protejan la biodiversidad amenazada por el cambio climático. Proyectos como el Resiliencia del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en México se centran en fortalecer la efectividad de manejo de las Áreas Naturales Protegidas para hacer frente al cambio climático, promoviendo la gestión efectiva de estas áreas para reducir las amenazas climáticas a la biodiversidad. Este enfoque incluye la expansión estratégica de la cobertura de las Áreas Naturales Protegidas y la mejora de su gestión para atenuar los impactos directos e indirectos del cambio climático (23).

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) también destaca la importancia de las áreas protegidas en la conservación de la biodiversidad y cómo la Lista Verde de Áreas Protegidas y Conservadas reconoce aquellas que contribuyen efectivamente a este fin. Este reconocimiento impulsa la implementación real y efectiva de prácticas de conservación, atendiendo a criterios como la gobernanza, planificación, y la gestión para la consecución de objetivos de conservación (24).

La gestión de las áreas protegidas en América Latina, como se resalta en el caso de la Amazonía, enfrenta desafíos adicionales debido a la deforestación y las actividades extractivistas, que se agravan con los efectos del cambio climático como las tormentas intensas. La coordinación entre políticas de conservación y estrategias sociales y económicas es fundamental para enfrentar estos desafíos de manera integral (25). Por último, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) subraya la necesidad de aumentar la resiliencia de la infraestructura frente al cambio climático, mediante el desarrollo de metodologías y mecanismos innovadores de

financiamiento. Esto es crucial para hacer infraestructura más resiliente y adaptarla a la nueva realidad climática, lo que incluye el desafío adicional de proteger las áreas naturales y su biodiversidad frente a eventos extremos como las tormentas intensas (26).

3.2. Desafíos para la Adaptación al Cambio Climático

3.2.1. Limitaciones de Recursos

3.2.1.1. Escasez de financiamiento para la implementación de estrategias de adaptación

El financiamiento para la adaptación al cambio climático es críticamente insuficiente, especialmente en los países en desarrollo, donde la necesidad es más acuciante. El Informe sobre la Brecha de Adaptación 2023 del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) resalta que la financiación actual para la adaptación en los países en desarrollo es entre 10 y 18 veces menor que los fondos públicos internacionales disponibles, lo que representa un aumento de más del 50% en comparación con estimaciones previas. Los costos de adaptación en los países en desarrollo se estiman en 215.000 millones de dólares anuales para esta década, con una necesidad de financiación para ejecutar las prioridades nacionales de adaptación estimada en 387.000 millones de dólares anuales. Sin embargo, los flujos de financiación pública multilateral y bilateral para la adaptación de los países en desarrollo disminuyeron a 21.000 millones de dólares en 2021, lo que deja un déficit de financiación de adaptación actual estimado entre 194.000 millones y 366.000 millones de dólares anuales (27).

La UNCTAD (28), en su informe presentado antes de la cumbre climática COP26, advirtió que los costos anuales de adaptación climática en los países en desarrollo podrían alcanzar los 300 mil millones de dólares para 2030 y hasta 500 mil millones de dólares para 2050. Sin embargo, la financiación actual no alcanza a cubrir ni una cuarta parte de la necesidad estimada para 2030, y el informe enfatiza que depender únicamente de la financiación privada no alcanzará la escala necesaria ni llegará a los países más necesitados. La UNCTAD llama a una transformación profunda y a una reforma concertada a nivel multilateral para asegurar una financiación adecuada que permita a los países en desarrollo adaptarse a los efectos del cambio climático.

El Grupo Banco Mundial (29) también ha estado activo en el financiamiento climático, proporcionando un récord de 31.700 millones de dólares en 2022 para ayudar a los países a abordar el cambio climático. Aunque esta cifra es sin precedentes, la necesidad de financiación para una acción climática transformadora sigue siendo significativa, dadas las limitaciones fiscales que enfrentan los países en la actualidad. Estos informes y declaraciones subrayan la urgente necesidad de incrementar la financiación para la adaptación al cambio climático, especialmente en los países en desarrollo, y de implementar reformas en el sistema financiero internacional para facilitar el flujo de fondos hacia donde más se necesitan.

3.2.1.2. Falta de acceso a tecnología y conocimiento especializado

El acceso a la tecnología y el conocimiento especializado son fundamentales para la adaptación al cambio climático. La ONU Cambio Climático destaca la importancia de mejorar las tecnologías climáticas para cumplir con los objetivos del Acuerdo de París, resaltando áreas como la energía, la agricultura, el agua, los residuos, y el transporte. Las tecnologías identificadas incluyen eficiencia energética, energías renovables como la hidroeléctrica, solar, eólica y biomasa, vehículos de bajas emisiones, combustibles mezclados, y agricultura climáticamente inteligente (30). PwC señala el crecimiento significativo en la inversión en tecnología climática, con un notable incremento en el financiamiento movilizado hacia tecnologías de reducción de emisiones. La movilidad y el transporte emergen como sectores clave de inversión, destacando la importancia de vehículos eléctricos y de baja emisión (31).

United Nations (32) subraya el papel vital de los jóvenes en el desarrollo de tecnologías climáticas innovadoras. Los jóvenes están liderando esfuerzos de adaptación, desarrollando soluciones para hacer frente a los impactos climáticos. Se presentan ejemplos de tecnologías de adaptación, incluyendo protecciones contra inundaciones, cultivos más resistentes, y sistemas

de purificación de agua. El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (33) promueve el Programa de Trabajo de Nairobi, enfocado en el desarrollo y difusión de tecnologías para la adaptación al cambio climático. Este programa incluye áreas como la modelización del clima, gestión de riesgos climáticos, e información socioeconómica, con el objetivo de mejorar la planificación y prácticas de adaptación a través del intercambio de conocimiento y tecnología.

3.2.2. Gestión y Planificación

3.2.2.1. Desafíos en la integración de la adaptación al cambio climático en la planificación de la conservación

Los desafíos en la integración de la adaptación al cambio climático en la planificación de la conservación son multifacéticos y requieren una aproximación holística que aborde tanto la financiación como la implementación de estrategias efectivas. El Informe sobre la Brecha de Adaptación 2023 del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) destaca que la financiación para la adaptación es insuficiente, particularmente en países en desarrollo, donde la necesidad es más acuciante. Este déficit de financiación dificulta la implementación de medidas de adaptación necesarias para proteger los ecosistemas y las comunidades vulnerables (27).

El estudio realizado por la UNESCO (1) sobre los impactos del cambio climático en áreas protegidas de América Latina y el Caribe evidencia los riesgos climáticos crecientes para estos ecosistemas. Sequías, inundaciones, incendios forestales y deslizamientos de tierra son solo algunos de los fenómenos que afectan estas áreas, lo que subraya la necesidad urgente de integrar la adaptación al cambio climático en la planificación de la conservación para proteger la biodiversidad y asegurar la sustentabilidad de estos entornos. Por otro lado, el reporte del CAF (34) destaca que América Latina y el Caribe poseen un gran potencial para implementar soluciones de adaptación al cambio climático que, además, pueden vincularse con la inclusión social. El informe sugiere que la adaptación no solo es crucial para mitigar los efectos adversos del cambio climático sino que también puede generar beneficios económicos, reducir riesgos y fomentar la innovación tecnológica. Esto implica que la adaptación al cambio climático puede ser una oportunidad para promover el desarrollo sostenible en la región.

Finalmente, el programa de trabajo de Nairobi y el Marco de Adaptación de Cancún establecido por la CMNUCC subrayan la importancia de una aproximación integral a la adaptación, que incluye el desarrollo y transferencia de tecnologías, el manejo de riesgos climáticos y fenómenos extremos, y la diversificación económica. Estos programas buscan mejorar la capacidad de adaptación de los países en desarrollo a través de la cooperación internacional y el intercambio de conocimientos y experiencias (33). La integración de la adaptación al cambio climático en la planificación de la conservación enfrenta, por lo tanto, desafíos relacionados con la financiación, la implementación de estrategias efectivas, y la necesidad de una colaboración internacional sólida. La solución a estos desafíos requiere esfuerzos conjuntos de gobiernos, organizaciones internacionales, el sector privado, y las comunidades locales para desarrollar e implementar planes de adaptación que sean inclusivos, sostenibles y capaces de mitigar los impactos del cambio climático en los ecosistemas y las sociedades vulnerables.

3.2.2.2. Necesidad de enfoques de gestión adaptativa y colaborativa

La necesidad de adoptar enfoques de gestión adaptativa y colaborativa en la adaptación al cambio climático resalta la importancia de anticiparse y responder eficazmente a los impactos climáticos en constante evolución. Estos enfoques enfatizan la adaptación dinámica de ecosistemas y comunidades a través de la gestión activa, la evaluación continua de estrategias y la integración de la mitigación de desastres en la planificación de espacios naturales protegidos. La gestión adaptativa promueve acciones a corto, medio y largo plazo para garantizar la resiliencia de los ecosistemas y las comunidades frente al cambio climático, abogando por una concienciación amplia y la implementación de estrategias regionales de cambio climático adaptativas (35). El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (36) subraya que la adaptación al cambio climático debe integrarse en todos los territorios, orientada especialmente a la reducción de riesgos de desastres. Este proceso implica ajustes en el sistema humano y

natural para moderar los daños o aprovechar oportunidades beneficiosas, fomentando una gestión del territorio y del ambiente que mejore la preparación ante eventos adversos.

Por otro lado, un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo destaca la importancia de incorporar la transformación de conflictos y la gobernanza adaptativa en la gestión del agua, sugiriendo que los procesos colaborativos basados en estas estrategias pueden mejorar significativamente la gobernanza del agua y su gestión. Este enfoque implica un esquema general que integra la gestión colaborativa, la transformación de conflictos y los principios de gobernanza adaptativa en el diseño de procesos participativos para la gestión de recursos comunes, lo que resulta en prácticas más efectivas y sostenibles (37). Estos enfoques requieren una participación activa y colaborativa de todos los actores involucrados, incluidos gestores, habitantes locales, la sociedad en general, y los sectores privado y público. Al adoptar estrategias de gestión adaptativa y colaborativa, se puede lograr una mayor resiliencia y una adaptación más efectiva a los cambios climáticos, asegurando al mismo tiempo la protección y conservación de los recursos naturales y la biodiversidad.

3.3. Estrategias de Adaptación Implementadas y Propuestas

3.3.1. Fortalecimiento de la Resiliencia Ecológica

3.3.1.1. Restauración de ecosistemas y reforestación con especies nativas

La restauración de ecosistemas y la reforestación con especies nativas es fundamental para la recuperación de la biodiversidad y la mitigación del cambio climático. Este enfoque implica la reintroducción de plantas autóctonas en áreas degradadas, lo que ayuda a restaurar la función y estructura original de los ecosistemas. Además, promueve la resiliencia de los ecosistemas frente a cambios ambientales y mejora los servicios ecosistémicos, como la purificación del aire y del agua, y la regulación del clima. La implementación de estos proyectos requiere una planificación cuidadosa y la participación de la comunidad (38,39).

3.3.1.2. Creación de corredores ecológicos para facilitar la migración de especies

La investigación destacada por CIFOR Forests News subraya la creciente importancia de los corredores biológicos para la conservación de la biodiversidad frente al cambio climático. Estos corredores facilitan la migración de especies vegetales a elevaciones más altas, ayudando a mantener la integridad ecológica de las áreas protegidas y contribuyendo a la conservación de servicios ecosistémicos como la regulación del agua y el almacenamiento de carbono. La colaboración entre países para la creación de redes ecológicas, como el Corredor Biológico Mesoamericano, es fundamental para conectar áreas de biodiversidad y facilitar la adaptación de las especies al cambio climático (40).

3.3.2. Gestión Basada en la Comunidad

3.3.2.1. Involucramiento de comunidades locales en la conservación y adaptación

Un estudio de Lyver et al. (41) resalta la importancia de apoyar la autonomía de las comunidades en la adaptación al cambio climático. Subraya cómo la adaptación efectiva requiere permitir que las comunidades determinen sus propias estrategias, en lugar de imponer soluciones desde afuera. Este enfoque no solo respeta los conocimientos y las necesidades locales, sino que también puede mejorar la eficacia y la equidad de las intervenciones de adaptación.

Por otro lado, McNamara et al. (42) discuten cómo los conocimientos indígenas y locales están arraigados en diversas filosofías de vida buena en todo el mundo, lo que subraya el valor de las relaciones colectivas para el bienestar de las personas y la naturaleza. Estos enfoques incluyen conceptos como el Buen vivir en América del Sur, Ubuntu en África subsahariana y Satoyama en Japón. Sin embargo, el estudio también señala las amenazas que enfrentan las tierras indígenas debido al desarrollo industrial, lo que puede limitar la acción climática indígena. A pesar de estos desafíos, se reconoce la contribución significativa de los pueblos indígenas a la conservación de paisajes importantes para la conservación a nivel mundial (43).

3.3.2.2. Desarrollo de capacidades y educación Ambiental

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (44) resalta la importancia de la educación ambiental en la creación de una base sólida para la toma de decisiones conscientes y responsables respecto al medio ambiente. Según la EPA, este tipo de educación mejora la comprensión y el conocimiento sobre temas ambientales, fomenta actitudes positivas, motiva a las personas a comprometerse con comportamientos sostenibles y mejora sus habilidades para resolver problemas ambientales de manera creativa y efectiva. Por otro lado, el Equipo Digital Alcaldía de Medellín (45) enfatiza que la educación ambiental es un proceso continuo que permite a las personas comprender las interdependencias entre los seres humanos y su entorno. Este proceso es clave para desarrollar una ética de respeto y cuidado hacia la naturaleza, promoviendo así una actitud proactiva en la conservación del medio ambiente. La educación ambiental se presenta como un vehículo hacia el desarrollo sostenible, subrayando su relevancia frente a los retos ambientales contemporáneos.

Además, la literatura académica sobre el tema sugiere que el desarrollo de capacidades y la formación en competencias específicas son esenciales para la sostenibilidad ambiental. La integración de la educación ambiental en todos los niveles educativos y sectores de la sociedad es crucial para cultivar una cultura de sostenibilidad. Este enfoque no solo implica aprender sobre el medio ambiente, sino también aprender a vivir de manera que se respeten los límites ecológicos del planeta (46). El desarrollo de capacidades y la educación ambiental juegan un rol vital en la preparación de ciudadanos conscientes y comprometidos con el futuro del planeta. Estos esfuerzos educativos son indispensables para garantizar una coexistencia armónica entre el ser humano y la naturaleza, orientando a la sociedad hacia un desarrollo más sostenible y equitativo.

3.3.3. Uso de Tecnologías y Modelos Predictivos

3.3.3.1. Aplicación de tecnologías de monitoreo y modelado climático para la toma de decisiones

La aplicación de tecnologías de monitoreo y modelado climático es esencial para la toma de decisiones informadas en la lucha contra el cambio climático. Estas tecnologías permiten a los científicos, responsables de políticas y otros actores clave obtener datos precisos y realizar proyecciones confiables sobre los impactos del cambio climático, facilitando así la implementación de estrategias de mitigación y adaptación más efectivas. Un ejemplo significativo de la aplicación de estas tecnologías es el desarrollo de sistemas IoT (Internet de las Cosas) para el monitoreo de variables climatológicas en contextos específicos, como la agricultura urbana. Estos sistemas permiten la recolección de datos en tiempo real sobre condiciones climáticas, lo que es crucial para optimizar los cultivos y minimizar su vulnerabilidad a las variaciones climáticas. Un estudio publicado por Chanchí-Golondrino et al. (47) destaca cómo la construcción de un sistema IoT puede mejorar la monitorización y análisis de variables climatológicas de interés, demostrando la importancia de estas tecnologías en la agricultura urbana.

Además, la adopción de tecnologías climáticas clave es fundamental para la implementación efectiva de los planes nacionales de acción climática (NDCs) en el marco del Acuerdo de París. Una publicación de United Nations (48) examina el papel de la tecnología en acelerar la adopción de soluciones climáticas, subrayando cómo la innovación tecnológica puede facilitar la transición hacia una economía baja en carbono y resiliente al clima. El monitoreo y evaluación de la capacidad de adaptación al cambio climático también se benefician enormemente del uso de tecnologías avanzadas. Un documento de Mazzeo et al. (49) discute cómo el aprendizaje práctico y la evaluación continua pueden mejorar la toma de decisiones y la implementación de estrategias de adaptación eficaces.

Finalmente, el monitoreo comunitario del clima emerge como una práctica estratégica para comprender y actuar frente al cambio climático. Esta aproximación enfatiza la importancia de la participación comunitaria en la observación y toma de decisiones relacionadas con el clima, reforzando la necesidad de herramientas tecnológicas accesibles y eficientes para comunidades en diversos territorios (50).

3.3.3.2. Implementación de sistemas de alerta temprana para eventos climáticos extremos

La implementación de sistemas de alerta temprana para eventos climáticos extremos es una estrategia crucial en la gestión de riesgos y la adaptación al cambio climático. Estos sistemas juegan un papel vital en la protección de vidas y medios de subsistencia, proporcionando información anticipada que permite a las comunidades y autoridades tomar medidas preventivas y prepararse adecuadamente para enfrentar fenómenos climáticos severos. Se reconoce a los sistemas de alerta temprana como una solución climática esencial, destacando su importancia en la reducción de la vulnerabilidad de las poblaciones ante desastres naturales. La capacidad de estos sistemas para ofrecer advertencias tempranas y precisas es fundamental para minimizar los impactos adversos de eventos como huracanes, inundaciones y olas de calor, entre otros (51).

Además, la integración de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial (AI), ha mejorado significativamente la eficacia de los sistemas de alerta temprana. La AI permite analizar grandes volúmenes de datos climáticos y ambientales, mejorando la precisión en la predicción de eventos climáticos extremos. Esta innovación tecnológica representa un avance significativo en la gestión de riesgos de desastres, facilitando una respuesta más rápida y eficiente ante emergencias climáticas (52).

En contextos regionales, como Colombia, se han desarrollado sistemas de alerta temprana adaptados a las necesidades específicas de las regiones. Estos sistemas son esenciales para anticipar eventos climáticos extremos y tomar medidas preventivas que protejan a las comunidades vulnerables. La adaptación de estos sistemas a los contextos locales es clave para su efectividad, asegurando que las advertencias sean relevantes y útiles para las poblaciones en riesgo (53).

Silvestre Espinoza (54) y Ramón Valencia et al. (55) han destacado el valor de los sistemas de alerta temprana como herramientas indispensables para la adaptación al cambio climático. Estos sistemas no solo contribuyen a la preparación y respuesta ante desastres naturales, sino que también promueven una cultura de prevención y resiliencia en las comunidades. La implementación de sistemas de alerta temprana para eventos climáticos extremos es una medida proactiva esencial para la gestión de riesgos y la adaptación al cambio climático. La integración de tecnologías avanzadas y la adaptación a contextos locales son aspectos fundamentales que potencian la eficacia de estos sistemas, salvaguardando vidas humanas y reduciendo daños materiales ante la creciente frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos.

4. Discusión

Este estudio ha explorado los impactos del cambio climático en las áreas protegidas de Manabí, identificando patrones significativos de alteración ecológica y pérdida de biodiversidad. Al comparar nuestros hallazgos con investigaciones previas (2,21), resaltamos la consistencia en las tendencias de cambio climático a nivel global y sus efectos localizados en ecosistemas vulnerables. Sin embargo, nuestro estudio aporta una perspectiva única al centrarse en la región específica de Manabí, donde la combinación de factores socioeconómicos y ecológicos presenta desafíos y oportunidades particulares para la conservación.

La investigación de Villafuerte et al. (3) sobre las estrategias de adaptación en áreas protegidas resuena con nuestros hallazgos, sugiriendo que las medidas de adaptación deben ser contextualizadas y basadas en la comunidad para ser efectivas. Magrin (4) también subraya la importancia de entender las interacciones entre el cambio climático y la biodiversidad para desarrollar estrategias de conservación resilientes. Estos estudios complementan nuestra investigación, subrayando la necesidad de enfoques integrados que combinen la conservación con el desarrollo sostenible.

5. Conclusión

Las áreas protegidas de Manabí frente al cambio climático revelan desafíos críticos y oportunidades significativas para la conservación y adaptación. Este estudio ha identificado que, sin una acción inmediata y coordinada, la biodiversidad única y los ecosistemas de esta región enfrentarán impactos irreversibles, comprometiendo no solo la salud ambiental sino también el

bienestar socioeconómico de las comunidades locales. La urgencia de integrar estrategias de adaptación basadas en la comunidad y la ciencia en las políticas de conservación nunca ha sido más evidente. La colaboración multisectorial emerge como un pilar fundamental en este esfuerzo. La necesidad de unir a gobiernos, organizaciones no gubernamentales, investigadores y comunidades indica una dirección clara hacia una gestión ambiental más inclusiva y eficaz. Este enfoque integrado debe priorizar la recuperación de ecosistemas dañados, la protección de especies en peligro y el desarrollo de economías locales sostenibles que no comprometan la integridad de los recursos naturales.

Además, el estudio destaca la importancia de la educación ambiental y el empoderamiento comunitario como herramientas esenciales para fomentar una relación más armoniosa y sostenible entre los seres humanos y la naturaleza. La implementación de programas educativos que aumenten la conciencia sobre los efectos del cambio climático y promuevan prácticas de conservación efectivas puede jugar un papel crucial en la mitigación de estos impactos. La investigación futura debe centrarse en la evaluación continua de los impactos del cambio climático, utilizando tecnologías avanzadas y modelos predictivos para mejorar nuestra comprensión y capacidad de respuesta. Es vital que estas investigaciones se realicen con una perspectiva de largo plazo, buscando no solo entender los efectos inmediatos del cambio climático, sino también anticipar desafíos futuros.

Author contributions: The authors participated in all sections of the document.

Conflicts of interest: The authors declare that they have no conflicts of interest.

Referencias

1. UNESCO. Una metodología para los desafíos actuales: impactos del cambio climático en áreas protegidas de América Latina y el Caribe. UNESCO. 2023.
2. IPCC. AR5 Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. 2014.
3. Villafuerte J, Rodríguez J, Limones K, Pérez L. Adaptación autónoma al cambio climático: experiencias de emprendimientos rurales de Ecuador/ Autonomous adaptation to climate change: experiences of rural entrepreneurs in Ecuador. *Let Verdes Rev Latinoam Estud Socioambientales*. 2018;(24):57–82.
4. Magrin G. Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe. CEPAL; 2015.
5. UNESCO. Riesgo inminente de una crisis mundial del agua (UNESCO/ONU-Agua). UNESCO. 2023.
6. Yáñez M. P, Núñez M, Carrera F, Martínez C. Posibles efectos del cambio climático global en zonas silvestres protegidas de la zona andina de Ecuador. *LA GRANJA Revista de Ciencias de la Vida*. 2011;14(2):24–44.
7. Naciones Unidas. El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad de América Latina. 2017.
8. Briones Espinoza MJ, Mogro Mendoza M. CAMBIO CLIMÁTICO, DEFORESTACIÓN E IMPACTO ANTRÓPICO EN EL HUMEDAL “LA SEGUA”, MANABÍ. 2020.
9. Greenfield E. Impactos del cambio climático en el ecosistema de los arrecifes de coral. *Sigma Earth*. 2023.
10. Camargo S. Estudio muestra panorama desalentador para los anfibios: 40% de las especies está en riesgo de extinción. *Noticias ambientales*. 2023.
11. Cornelius S. El impacto del cambio climático sobre las especies. WWF. 2015.
12. Sustainability. El cambio climático afectará más a las plantas y animales endémicos, advierte un estudio. *Sustainability*. 2021.
13. Boehm S, Schumer C. 10 grandes hallazgos del informe del IPCC de 2023 sobre el cambio climático. *World Resources Institute*. 2023.
14. Terán RAL. Los récords climáticos se han sucedido en 2023 y han conllevado graves consecuencias. *prensa.ec*. 2023.
15. Elcacho J. Reconfirmado: las lluvias serán cada vez más irregulares, por el calentamiento. *La Vanguardia*. 2021.

16. Blenkinsop S. El cambio climático aumenta las precipitaciones extremas y la posibilidad de inundaciones. *iAgua*. 2021.
17. Picazo M. Agua y recursos hídricos: ¿cómo les afecta el cambio climático. *iAgua*. 2020.
18. Jawerth N. El impacto del cambio climático en el futuro de los recursos hídricos. IAEA. 2019.
19. Martínez N. Las cifras del impacto de la sequía a nivel mundial: "Es una emergencia sin precedentes". *El Independiente*. 2023.
20. ONU. COP28: El manto áspero de la sequía se alarga cada vez más por el planeta. *Noticias ONU*. 2023.
21. UNESCO. La UNESCO muestra el impacto de sequías en sus sitios en América Latina y el Caribe. UNESCO. 2023.
22. UNESCO. Riesgo inminente de una crisis mundial del agua (UNESCO/ONU-Agua). UNESCO. 2023.
23. UNDP. Resiliencia. UNDP. 2020.
24. UICN. La situación de las áreas protegidas a nivel mundial, a debate en un encuentro de la UICN esta semana. UICN. 2023.
25. Márquez H. La gestión de áreas protegidas es prioridad latinoamericana para 2023. *Diario Digital Nuestro País*. 2023.
26. Yopez A. Infraestructura sostenible y cambio climático: la importancia de planificar para el futuro. *Energía para el Futuro*. Inter-American Development Bank; 2022.
27. UNEP. Informe sobre la Brecha de Adaptación 2023. UNEP – UN Environment Programme. 2023.
28. UNCTAD. El necesario incremento de financiamiento para adaptación al cambio climático debe afrontarse en la "COP26". UNCTAD. 2021.
29. Grupo Banco Mundial. Diez cosas que debe saber sobre el financiamiento climático del Grupo Banco Mundial. World Bank. Banco Mundial; 2022.
30. United Nations. Aceleración de la adopción de tecnologías climáticas clave. United Nations. 2021.
31. Price water house Coopers. El estado de la tecnología aplicada al cambio climático en 2021. PwC. 2021.
32. United Nations. La clave para acelerar las tecnologías climáticas innovadoras está en la gente joven. United Nations. 2022.
33. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Adaptación al cambio climático. Gobierno de Mexico. 2018.
34. CAF. Adaptación al cambio climático puede estar vinculada a la inclusión social y crecimiento económico. CAF. CAF; 2023.
35. Observatorio Cambio Global Sierra Nevada. Gestión adaptativa. Observatorio Cambio Global Sierra Nevada – Seguimiento del Cambio Global en Sierra Nevada. Observatorio Cambio Global Sierra Nevada; 2019.
36. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático. *gob.mx*. 2017.
37. Baytelman YF, Cabezas Iturra N, Muñoz R. Innovación social en el manejo de los recursos hídricos: transformación de conflictos y gobernanza adaptativa en el diseño de procesos de gestión colaborativa del agua. Basani M, editor. Banco Interamericano de Desarrollo; 2024.
38. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Estándares de práctica para guiar la restauración de los ecosistemas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2023.
39. Carpio Camargo AJ, Álvarez Gutiérrez Y, Jaramillo Véliz J, Sánchez Tortosa F. Nesting failure of sea turtles in Ecuador – causes of the loss of sea turtle nests: the role of the tide. *J Coast Conserv [Internet]*. 2020;24(5):55. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11852-020-00775-3>

40. Fraser B. Los corredores biológicos ayudan a que las plantas se adapten al cambio climático – estudio. CIFOR Forests News. Center for International Forestry Research; 2014.
41. Lyver PO, Timoti P, Davis T, Tylianakis JM. Biocultural hysteresis inhibits adaptation to environmental change. *Trends Ecol Evol.* 2019;34(9):771–80.
42. McNamara KE, Clissold R, Westoby R, Piggott–McKellar AE, Kumar R, Clarke Tahlia and Namoumou F, et al. An assessment of community–based adaptation initiatives in the Pacific Islands. *Nat Clim Chang.* 2020;10(7):628–39.
43. Neil Adger W, Arnell NW, Tompkins EL. Successful adaptation to climate change across scales. *Glob Environ Change.* 2005;15(2):77–86.
44. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. La importancia de la educación ambiental. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. 2023.
45. Equipo Digital AlcaldW'Wia de Medellín. Educación ambiental: qué es, función, sus objetivos e importancia en la actualidad. AlcaldW'Wia de Medellín. 2023.
46. Mora Penagos WM. Desarrollo de capacidades y formación en competencias ambientales en el profesorado de ciencias. *Tecné, episteme y didaxis: revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología.* 2015;38.
47. ChanchW'Wi–Golondrino GE, Ospina–Alarcón MA, Saba M. Sistema IoT para el monitoreo de variables climatológicas en cultivos de agricultura urbana. *Rev Cient.* 2022;44(2):257–71.
48. United Nations. ONU Cambio Climático ayudará a mejorar las tecnologW'Wias climáticas. United Nations. 2021.
49. Mazzeo N, DW'Wiaz I, Garrido L, Zurbriggen C, Steffen M, Trimble M. MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: CÓMO APRENDER HACIENDO Y SUS IMPLICANCIAS EN LA TOMA DE DECISIONES. Unpublished; 2020.
50. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Monitoreo comunitario del clima, fundamental para la toma de decisiones en los territorios. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2022.
51. Naciones Unidas. Sistemas de alerta temprana | Naciones Unidas. Naciones Unidas. 2023.
52. PNUD Camboya. La AI puede impulsar los sistemas de alerta temprana. Noticias ONU. 2023.
53. Ramón–Valencia JA, Palacios–González JR, Santos–Granados GR, Ramón–Valencia JD. Early warning system on extreme weather events for disaster risk reduction. *Rev Fac Ing Univ Antioq.* 2019;(92):80–7.
54. Silvestre Espinoza E. Sistemas de alerta temprana (SAT), valiosa herramienta para prevenir riesgos. Universidad de Lima. 2023.
55. Ramón Valencia JA, Vera Mogollón DE, Vanegas Vanegas D. Diseño de sistemas de alerta temprana ante eventos extremos del clima. Experiencia SATC, Norte de Santander. Sello Editorial Universidad de Pamplona. 2020;



© 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>