

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. Martín 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 Alcaldía de Medellín. Educación ambiental: qué es, función, sus objetivos e importancia en la actualidad. Alcaldía 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. Chanchi–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 tecnologías climáticas. United Nations. 2021.
49. Mazzeo N, Díaz 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/>